

تاريخ العلوم العربية

وتحديث تاريخ العلوم

بحث في إسهام رشدي راشد

د. وائل غالي



الهيئة المصرية العامة للكتاب

٢٠٠٥



برعاية السيدة
وزراء مبارك

المشرف العام	الجهات المشاركة:
د. ناصر الأنصارى	جمعية الرعاية المتكاملة المركزية
	وزارة الثقافة
	وزارة الإعلام
الإشراف الطباعي	وزارة التربية والتعليم
محمود عبد المجيد	وزارة التنمية المحلية
	وزارة الشباب
الغلاف والإشراف الفنى	التنفيذ
صبرى عبد الواحد	الهيئة المصرية العامة للكتاب
ماجدة عبد العليم	

تصدير

تُعد إسهامات العالم العربي رشدى راشد فى تحديث العلوم نقلة نوعية، كان لها أثرها البالغ فى تغيير نظرة الغرب للعلماء العرب.

حين نظر رشدى راشد إلى تاريخ العلوم، كان أساس هذه النظرة عدة مشكلات حول ما سيكون عليه المستقبل المصرى والعربى بالذات من دون العالم. لكنه استطاع أن يتأكد أنه إذا كنا نريد للوطن أن يشبع حاجات الناس، فإدًا لابد للمجتمع أن يتغير، من هنا فليس من شك أن علم الغد سيختلف اختلافاً أساسياً عما نعرفه اليوم عن العالم، وهو يعيش آفاق القرن العشرين والألفية الثانية.

لقد ناصر رشدى راشد، قيم الديمقراطية والعدالة والعدل الاجتماعى والسلام . مع أنه يبدو مستغرقاً، ظاهرياً . وكلها قيم الحداثة، لاقيم ما بعد الحداثة، بوصفها مدارات هذا الوطن المتغير والعالم المتغير.

لقد تيقن من أن التصور طويل الأجل، هو أساس طريقتنا المستقبلية الممكنة فى الحياة، وإدارة الأمم والجماعات والتداخل على مستوى العالم، فى ضوء هذا التطور نحو التغيرات الأساسية فى أساليبنا وسلوكياتنا، صار للعلم . فى معناه العريض . دور رائد لتحقيق التغيير. وهذه هى أطروحة رشدى راشد الجوهرية. من هنا تأتى أهمية هذه الدراسة المستفيضة، التى قدمها الباحث الدكتور وائل غالى، الذى يبحث فى إسهام هذا العالم الفذ، والذى يسعد مكتبة الأسرة أن تقدمه هذا العام للقارئ العربى.

مكتبة الأسرة

الإخراج الفني

هاني صبري

صورة الفلاف الأساسية

رشدي راشد

الشخصيات من الشمال

١. فيتاغوراس
٢. بطلميوس
٣. فرونسوافيات
٤. اندريد فييل
٥. كارل فايرشتراس
٦. نقولا كوبر نيكوس

الشخصيات من اليمين

١. الخوارزمي
٢. ارشميدس
٣. اقليدس
٤. عمر الخيام
٥. البيروني
٦. ابن سينا

تصميم الفلاف
والإشراف الفني: صبري عبد الواحد

الانتقال من نظام معرفي إلى آخر؟

كان العالم الفرنسي المعاصر موريس كلافلان ^(١) Maurice CLAVELIN والبروفيسور موريس بودو ^(٢) Maurice BOUDOT من أساتذتي الأساسيين الذين علموني فلسفة العلوم وتاريخها في النصف الثاني من عقد الثمانينيات من القرن العشرين في جامعة باريس ٤ السوربون / السوربون العتيقة، جنباً إلى جنب مع الأستاذين لوليفر LELIEVRE ودوما DUMAS. وكان موريس بودو (١٩٣١-) متخصصاً في المنطق وفلسفته بعامة، وفي المنطق الاستقرائي وحساب الاحتمال بخاصة.

١- الفعالية المعاصرة

انطلق رشدي راشد (١٩٣٦-) ، الرياضي المصري، والفيلسوف، والمؤرخ، ومؤسس إستراتيجية جديدة في التاريخ للعلوم بعامة، والعلوم العربية بخاصة، والمقيم في باريس بفرنسا منذ نحو عام ١٩٥٦ والأستاذ في جامعة "دوني ديدرو" باريس ٧ وجامعات العالم بعامة، أقول انطلق رشدي راشد، في بادئ سيرته الفكرية، في دراسة تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها، من مسألة أساتذتي الفرنسيين نفسها. ولكنه درس، أولاً، مشكلات علمية العلوم الاجتماعية.

انطلق رشدي راشد من الرياضيات التطبيقية APPLIED MATHEMATICS، أي من ذلك الفرع من الرياضيات الذي يبحث في تطبيق الرياضيات على الظواهر الفيزيائية والبيولوجية والعلوم الاجتماعية وغيرها في العالم المادي مثل الميكانيكا، والديناميكا الحرارية، والمغناطيسية، والكهربائية، والإحصاء والاحتمالات. انطلق رشدي راشد من الرياضيات APPLIED MATHEMATICS، أي من ذلك الفرع من الرياضيات الذي يبحث في تطبيق الرياضيات على الظواهر الاجتماعية والعلوم الاجتماعية. ولم تكن تلك المسألة هي المسألة التي قدمها لنا ريمون بودون (1934) Raymond BOUDON في محاضراته في العلوم الاجتماعية في السوربون/باريس ٤ في النصف الثاني من القرن العشرين. كان ريمون بودون Raymond BOUDON يبحث عن "الفردية المنهجية"، وعن "تفاوت الفرص" مقابل الحتمية الرياضية.

حلت نظرية الاحتمالات *PROBABILITY THEORY*، أى فرع من فروع الرياضيات الذى يدرس الظواهر العشوائية، حلت نظرية الاحتمالات، لدى رشدى راشد، مشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية. لذلك نتناول فى الباب الرابع من هذا الكتاب نظرية الاحتمالات، وحساب الاحتمالات، والمصادفة واليقين، التوقع وامتناع التوقع، والوقائع واحتمالها، ولغة الوقائع ولغة المجموعات، ولغة الاحتمالات، والاحتمالات الشرطية، وصياغة بايز لنظرية الاحتمالات (وهى نظرية تبحث فى احتمالات الأسباب المتعددة لظاهرة ما)، وقوانين الاحتمالات، وكثافة الاحتمال، والقانون الحداني، والأمل الرياضي، وغيرها من مدارات الاحتمال الحديث كنظرية برنولى فى الاحتمالات، وهى حالة خاصة من حالات نظرية النهاية المركزية، فعندما يكون المتغير ذا قيمتين، نسميهما النجاح والفشل، بحيث يكون احتمال النجاح ل واحتمال الفشل ١ - ل.

انطلق رشدى راشد، إذن، من الرياضيات المعاصرة ليكشف فى الرياضيات الكلاسيكية، عن التكوين العربى المتقدم للحدائى الغربية العلمية. بعبارة أخرى، قبل أن يحكم رشدى راشد على ماضى الرياضيات العربية، تاريخاً وفلسفة، كان رياضياً راهنياً، وكان على بينة من أمر العلوم الرياضية التى يتصدى لتاريخها وفلسفتها. ومن هذه الجهة نقدر أن نقول إنه أسس لتاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها، ضمن علاقة وثيقة بواقع العلم الراهن. فى العلوم يجيء الراهن ليلقى الضوء على الماضى. لذا فهو يرتد إلى ماضى الرياضيات من أجل الحكم على هذا الماضى فى ضوء الراهن. ينطلق المؤرخ-المعرفى من وقائع الحاضر ومنظوره ونظريته وصوره، ليكشف فى الماضى نفسه الحركات التدريجية لتشكيل الحقيقة الرياضية وتكوينها. فوجهة النظر الحديثة هى التى قصت بالنظر المغاير إلى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

ما الذى يبرر لنا الانتقال من تسجيل الوقائع المباشرة إلى وضع قانون يعبر عن نظم معينة فى المجتمع ؟ تلك هى "مسألة الاستقراء" التى انطلق منها رشدى راشد. ومن المعروف أن يتناقض الاستقراء مع الاستنباط، بقولنا إن الاستنباط ينتقل من العام إلى الخاص أو الفردى ، بينما يمضى الاستقراء فى الطريق الآخر، من الفردى إلى العام. ففى الاستنباط تنتقل أنواع من الاستدلالات من العام إلى الخاص ، كما تظهر فى الاستقراء أنواع متعددة من الاستدلالات. يفترض الفرق أن الاستنباط والاستقراء فرعان لنوع واحد من الاستدلال. ويصف جون ستيوارت مل *John Stuart MILL* ما يسمى "بنظام الاستقراء" ويذكر قواعد الاستقراء. ويجتنب بعضهم اليوم استخدام مصطلح "الاستدلال الاستقرائى". فى الاستنباط، ينتقل الاستدلال من مجموعة من المقدمات إلى نتيجة لا تختلف عن المقدمات. فإذا كان لديك سبب لصدق المقدمات، فلا بد أن يكون لديك بالمقدار نفسه سبب متين لصدق النتيجة التى تصدر عن المقدمات. فإذا صدقت المقدمات، فلا يمكن أن تكذب النتيجة. يختلف الموقف تماماً فى الاستقراء.

إن الاستقراء هو أساس حساب قيمة الاحتمال. وكان موريس بودو يستعمل مصطلح " الاحتمال الاستقرائي"، لأن هذا النوع من الاحتمال ، في تصويره هو المقصود من الاستدلال الاستقرائي. لأنه لا يعنى "بالاستدلال الاستقرائي" استدلال المقدمات الصادقة وحسب، فلا يستتبع أن تصدق نتيجة طبقاً لضرورة منطقية. هذه الاستدلالات متدرجة، وهى التى يطلق عليها اسم "الاحتمال المنطقي" أو "الاحتمال الاستقرائي". ولكى يتبين لنا الفرق بين هذا النموذج من الاحتمال، والاحتمال الإحصائي، والاحتمال الرياضى عند رشدى راشد، استحضرنّا تاريخ نظرية الاحتمال بوصفها أساس الانطلاق فى مسألة تربيض العلوم الاجتماعية لدى رشدى راشد، ثم مسألة تاريخ الصور القبل علمية للعلوم الدقيقة حيث كشف رشدى راشد عن الرياضيات العربية وفلسفتها بخاصة. من جهة أخرى، كشف رشدى راشد عن نظرية الاحتمالات الحديثة نفسها، من دون الجهاز الرمزي الدقيق، من داخل الرياضيات العربية الكلاسيكية نفسها كما سنبين فى ما يأتى من فصول وأبواب.

ظل رشدى راشد يبحث فى الاحتمال بخاصة، وتطبيق الرياضيات فى المناظر الهندسية وفى المناظر الطبيعية غير الخطية الحديثة، منذ العام ١٩٥٦ وحتى العام ١٩٧٥، قبل أن يعيد كتابة تاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية وفلسفتها. وحين ولج باب تاريخ الرياضيات وفلسفتها كشف عن التطبيقات العربية وتعبيرها عن التطبيق المتبادل بين العلوم الرياضية الذى ساد الإنتاج الرياضى العربى فى القرن التاسع الميلادى وعلى مدار القرون السبعة اللاحقة. وقد لعب علم الجبر الدور الرئيس فى إعادة بناء العلوم الرياضية العربية : الجدل بين الجبر والحساب من جهة، والجدل بين الجبر والهندسة من جهة ثانية. وأدى تطبيق الحساب على الجبر أو حَسْبُنة الجبر نحو آخر القرن العاشر الميلادى وعند العالم الرياضى الكرجى إلى تشكيل جبر متعدد المخارج. من هنا فليس فى هذه الجدلية أى قَبَلِيَّة. لقد فرضت هذه الجدلية نفسها بوصفها توسيعاً لكل من الأنظمة الرياضية. وذلك بإرساء قواعدها من جديد وبتعميم تصوراتها أو طرائقها. صدر فصل "المعادلات العددية" عن الجبر الجديد وعن استحالة الحل الجبرى بالجذور للمعادلات التكعيبية فى ذلك الوقت. والجبريون الهندسيون أنشأوا فصل "المعادلات العددية". ومنذ القرن التاسع الميلادى إذن تغير المشهد الرياضى وتراجعت آفاقه. امتد الحساب والهندسة الاقليديان. وصارت نظرية المخروطات ونظرية المتوازيات والنظرية الاقليدية فى الأعداد والمناهج الأرشميدية فى قياس المساحات ومشكلات تساوى المحيط، صارت هذه النظريات جميعها موضوعاً لبحث علماء الرياضيات. من جهة أخرى ومن داخل الرياضيات الهلنستية نفسها أصلح الرياضيون المناطق الغير الهلنستية. وبفضل المناهج الجبرية درس الرياضيون الدوال الحسابية ،كما ابتدعوا قسماً جديداً فى النظرية الاقليدية للأعداد. من جهة ثالثة صار كتاب "الأصول" لافليدس الهندسي، كتاباً فى الجبر بدءاً من القرن العاشر الميلادى. من كتاب فى الهندسة صار كتاباً فى التسويغ الجبرى المتناهى للجسم الجذري. من جهة رابعة صار البرهان الجبرى، عند العرب، أسلوباً جديداً فى البرهان فى الجبر متعدد المخارج والتحليل التوافيقى ونظرية الأعداد الجديدة. كان البرهان الجبرى هو المنهج الذى طبقه العلماء، فى ذلك الوقت، للبرهان

على خوارزميات الحلول الجبرية أو العددية للمعادلات. من جهة خامسة، ابتدع العلماء التحليل الموضعي من خلال الجدل بين الجبر والهندسة. ابتدع علماء الرياضيات في القرن العاشر الميلادي الترجمة المزدوجة أو التطبيق المتبادل بين العلوم الرياضية. ففي هذا النوع من المعرفة، التي ارتبطت بإنشاء النماذج، لم يتركز اهتمام الرياضي، في اللغة العربية، في ذلك الوقت، على صياغة تصور للقواعد المثالية للظواهر والقوانين. فالرياضي العربي بحث في العناصر الضرورية للجواب عن التساؤل التطبيقي الجوهري.

وكان موريس بودو يخصص محاضراته لنا لدراسة الأنساق الشكلية التي كان قد بناها الوضعيون الجدد بقصد وصف الاستدلالات الاستقرائية وتفسيرها. وقد قادته هذه الدراسة إلى العرض لعقم وتناقض هذه الأنساق. وذلك من منطلق غيبة شروط تطبيق هذه الأنساق طبقا لمقاييس تركيبية أو تبعا لعلم المدلول الشكلي. أما موريس كلافلان (١٩٢٧-) فقد كان يخصص محاضراته للعرض للمشكلات التي تتعلق بتكوين الميكانيكا الكلاسيكية. وأما رشدي راشد فهو يبحث في تكوين الرياضيات الكلاسيكية. وكان موريس كلافلان يركز على الفلسفة الطبيعية لجاليليو وبخاصة على الخطابات والمبرهنات الرياضية حول العلمين الجديدين من دون الوقوف على مشكلات اتصال أو انفصال الفيزياء الكلاسيكية عن الفيزياء الجديدة. وكان يستعيد بصورة أساسية المبادرات الأولى التي بفضلها استطاع جاليليو أن يفتح الطريق لعلم الحركة الهندسي. كانت المشكلات الجوهرية إذن هي مشكلات الانتقال من عالم تصوري وسيط إلى عالم تصوري حديث : مشكلات تكوين العلم الغربي الحديث وتشكيله.

كانت المشكلة التي كان يتناولها أساتذتي في جامعة السوربون باريس ٤ هي التي يدور حولها إسهام رشدي راشد: مدلول تاريخ العلوم. وهي المشكلة المحورية في الفكر العلمي المعاصر بعامة. فقد كتب كارل بوبر في كتابه عن "المعرفة الموضوعية، أو وجهة نظر واقعية حول المنطق، الفيزياء، والتاريخ" (١٩٦٦) (٣) إن مشكلته الأساسية هي : مشكلة "تطور" المعرفة الموضوعية .

٢- إعادة كتابة تاريخ العلم

للأسف كانت الحلقة العربية في البحث في مشكلات الانتقال من عالم تصوري وسيط إلى عالم تصوري حديث : مشكلات تاريخ العلم الغربي الحديث، غائبة تماما عن محاضرات موريس كلافلان وموريس بودو وأغلب أساتذتي في تاريخ العلوم وفلسفتها في جامعة السوربون-باريس ٤، بل في أغلب الخطابات والمبرهنات السائدة في الغرب إلى الآن. وقد حدث تراجع الآن في البحث الدولي في تاريخ العلوم العربية وبخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية بحجة الغياب السابق في العلوم العربية لهيكل المؤسسات العلمية (٤) التي من الفروض أن ترعى العلم وتصونه.

أما رشدى راشد فقد تعرفت إليه فيما بعد دراستى الجامعية الأولى بالسوريون، فى النصف الأول من عقد التسعينيات من القرن العشرين. ولأقْبته فى منزله بالضاحية الباريسية "بور لا رين". وسألته آنذاك عن اكتشاف ريتشارد وايلز فى الرياضيات ثم نشرت كلامه فى كتابى عن "أوهام المستقبل"^(٥). لذلك فهذا الكتاب، الذى بين يذى القارئ، استغرق وقتاً امتد من عام ١٩٩٨ إلى عام ٢٠٠٣. بعد ذلك التقيته فى القاهرة وكلمته عن اهتمامى بالمقارنة بين اللامتناهى اليونانى القديم واللامتناهى العربى القديم. ورحب وشجعنى على أن يشرف على هذه الدراسة. فطلبت إليه موسوعته العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس (ج١ : المؤسسون والشرح؛ ج٢ : الحسن بن الهيثم؛ ج٣ : الحسن بن الهيثم، القُطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية؛ ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات)^(٦) حتى أكمل الدراسة. والتحليل الرياضى هو، فى الاصطلاح الحديث، صياغة تصورات حساب التفاضل والتكامل ونتائجها. ومن المعروف أن حساب التفاضل والتكامل فرع من الرياضيات العليا فى العصر الحديث، وهو أشهر أنواع الطرق المتقدمة فى الرياضيات العليا، وهى طريقة تستعمل مجموعة من الرموز الخاصة لحل المسائل المختلفة. ويمدنا حساب التفاضل والتكامل بالوسائل المناسبة لحساب معدل تغير دالة بالنسبة إلى تغيرها المطلق، وبالإمكان بلوغ ذلك، إذا عرفنا الزيادة فى المتغير المطلق وما يقابلها من زيادة فى قيمة الدالة، وكلما اعتبرنا الزيادة فى التغير المطلق قريبة من الصفر، فإن النسبة بين الدالة وزيادة المتغير المطلق تقترب من قيمة معينة تسمى مشتق الدالة، وهذه القيمة هى معدل تغير الدالة إلى تغيرها المطلق. وبطريقة حساب التفاضل والتكامل هذه أمكن الحصول على قوانين رياضية لمشتقات مختلف الدوال الشائعة، ولمشتقات الدوال الناتجة. وبالإمكان استعمالها لمعرفة المماسات، والنهايات الكبرى من خواص الدالة المحددة. وحساب التكامل عكس حساب التفاضل. ففى التكامل نبدأ بمشتق الدالة ونحاول الوصول منها إلى الدالة نفسها، ويستعمل حساب التكامل فى حساب مساحات الأشكال الغير المنتظمة، والأحجام وغيرها.

كان المقصود من موسوعة رشدى راشد المتميزة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث الميلادى والقرن الخامس الميلادى، هو التأريخ لحساب الصغائر بين القرن التاسع والحادى عشر الميلاديين، وبخاصة التأريخ لأعمال الحسن بن الهيثم. فظهر الجزء الثانى -ج٢: الحسن بن الهيثم- من الكتاب قبل الجزء الأول -ج١ : المؤسسون والشارحون-، وهو يضم أعمال الحسن بن الهيثم فى حساب الصغائر أوفى الحسابات اللامتناهية فى الصغر. ولوضع أعمال ابن الهيثم فى نسقها التاريخى، كان عليه أن يرى ما تم قبله وأن يرى كيف فسر هو فيما بعد. فى هذا الحال تناول رشدى راشد ما كتب فى اللغة العربية فى هذا الميدان من القرن التاسع حتى ابن الهيثم ثم شراح ابن الهيثم فى هذا الموضوع. ولفهم أعمال ابن الهيثم نفسها فى هذا الميدان، كان على رشدى راشد أن يدرس تصوره وأعماله الهندسية، فكان الجزء الثالث -ج٣ : الحسن بن الهيثم-، وهو يتعلق بكل هندسة القُطوع المخروطية. وفى أثناء هذه الدراسة تبين لرشدى راشد أن ابن الهيثم

كان قد ورث كل هذا التقليد الرياضى الذى بدأت فيه أفكار التحويلات النقطية الهندسية. ومن ثم تجدد الفكر الهندسى وتجددت فلسفة الرياضيات وتجدد تصور المكان، فكان الجزء الرابع -ج ٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات-، ويعد رشدى راشد الآن للجزء الخامس، وهو يتعلق بالهندسة الكروية وتطبيقاتها فى علم الهيئة ومحتوياتها التحليلية، ثم سيتبعه الجزء السادس والسابع. فهدف رشدى راشد من موسوعته العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس هو تقديم عمل متكامل حول فروع الهندسة العربية كافة.

فكتبت عن هذا السفر الذى سماه باسم "الرياضيات التحليلية" العربية فى صحيفة الأهرام عامى ٢٠٠١ و٢٠٠٢، ومن قبل، فى صحيفة القدس (٢٩ ديسمبر ٢٠٠٠) اللندنية. وفى أثناء كتابتى السريعة عنه ثم حديثى مع الأصدقاء فى مصر عن إسهامه العلمى البارز، أدركت ضرورة تخصيص كتاب بالكامل عنه وعن أعماله حتى يعرف فى مصر والعالم العربى بعد أن عرفه الغربيون واعترفوا له بالجميل، على أن أعود بعد ذلك لمسألة اللامتناهى فى الرياضيات وفلسفتها بوجه عام، فى موضع آخر.

وليس من شك فى أن هذا البحث عن إسهام رشدى راشد مغاير لخط سير كتاباتى حيث لم أنطرق إلى كتابة هذه السطور إلى فلسفة العلوم وتاريخها، باحثاً أكثر عن الخيال (كتابى عن "معرفية النص"، تمثيلاً لا حصراً) أو عن العقل الفلسفى (كتابى عن "ابن رشد فى مصر"، تمثيلاً لا حصراً) أو عن العقل الدينى (كتابى عن "الخمىنى وماركس جنباً إلى جنب"، تمثيلاً لا حصراً) من دون البحث فى الاستدلال العلمى. وما المانع فى ذلك؟ فإن كنا لا نفكر ضد أنفسنا، فلن نعرف كيف نفكر ضد الآخر، لن نعرف كذلك كيف نكتب، وما نكتبه، إن كتبنا، لن يكون له معنى. فالتناقض بين كتابى "الشعر والفكر، أدونيس نموذجاً" والبحث الذى أقدم له هنا، إنما هو تعدد ضرورى بين الخيال والعلم، لكى أظل واحداً، لكى تظل هناك وحدة فكرية فى ما أكتب وأفكر، أى أنه امتحان ذاتى لأدواتى نفسها، لظلالى نفسها. وعمر الخيام -الذى نحله فى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب- الرياضى هو من أهم الرياضيين الذين كتبوا الرياضيات فى اللغة العربية. وإن كتب، هو، شعره فى اللغة الفارسية، فقد سبق المحدثين إلى الجمع بين الشعر والفكر، بين الأدب والعلم. ونشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا رشدى راشد بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادى. فأحيا رشدى راشد بهذا آثار أحد رواد من صاغوا العلاقة بين العلم والشعر، بنحو خاص.

أما إسهام رشدى راشد فقد تركز على الشك فى الكلام السائد الذى يقال فى البحث فى المشكلات الجوهرية التى تتعلق بالانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات تاريخ العلم الغربى الكلاسيكى-الحديث. وذلك بحثاً عن يقين آخر، عن تقسيم آخر لتاريخ العلوم بعامة. والمسألة الجوهرية

تتلخص في تحديد موقع الحركة التي أدت إلى نشأة العلم الجديد الغربي الكلاسيكي-الحديث. والكلام السائد الذي يقال في البحث في هذه المسألة ينتهي إلى تسمية اسم إسحق نيوتن وتعيين نظريته الجديدة في الحركة وتحديد رؤيته المغايرة للعالم. والكلام السائد الذي يقال في البحث في هذه المسألة أيضا هو أن التعديل العلمي تم فيما بين آخر القرن السادس عشر وبداية القرن السابع عشر. قبل هذا التاريخ ليس هناك سوى مبادرات فردية. أما البداية الحقيقية والحاسمة للعلم الحديث فترجع إلى عام ١٥٤٣، عام صدور كتاب نقولا كوبرنيكوس^(٧) (١٤٧٦-١٥٤٣) "عن دوران الأفلاك السماوية" *De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

يعيد رشدي راشد، إذن، كتابة تاريخ العلم، لا بما هو مجرد منظومة من القضايا والنتائج، أو بما هو مجرد نسق المسائل ومجال الصراعات الاجتماعية، بل من حيث محدداته وصوره وأشكاله ومحتوياته ومضامين تاريخ الجبر، وفلسفته، والنظرية الكلاسيكية في الأعداد، والمناظر الهندسية، والمناظر الفيزيائية، والبنى الهندسية، والرياضيات التحليلية، وتطبيق الرياضيات في العلوم الاجتماعية والإنسانية. ويستعيد رشدي راشد بصورة أساسية المبادرات العلمية الأولى التي بفضلها استطاع العرب لا أن يفتحوا الطريق لعلوم الرياضيات وفلسفتها الحديثة وحسب بل أن يرسوا أسس الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها نفسها. وقد أشار تقرير المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي عام ١٩٩٦ إلى التطور المهم الذي طرأ على ميدان البحث في تاريخ الرياضيات "غير الغربية" كما على ميدان البحث في تطبيق الرياضيات في ميدان العلوم الاجتماعية والإنسانية. وهما الميدانان الأساسيان اللذان يبحث فيهما رشدي راشد منذ عقد الخمسينيات من القرن العشرين إلى الآن. من جهة أخرى، أدار رشدي راشد الأبحاث الاستثنائية بالمركز القومي للبحث العلمي بباريس بفرنسا. وكما انتقل رشدي راشد من الفلسفة إلى الرياضيات، انحسر الأدب واللغات القديمة والفن والثقافة بوجه عام، وتحولت الفلسفة المعاصرة من داخل وكفت عن ممارسة دورها بوصفها نظرية عامة في المعرفة الذاتية وبنياتها العميقة، واقتصرت على التفكير في العلوم بوصفها تحمل المعرفة الصحيحة الوحيدة. صارت الفلسفة إبستمولوجيا أو تاريخا للعلوم. في المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي، حيث يعمل رشدي راشد منذ ١٩٥٦ ، خصصت إدارة المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي للفلسفة القسم ٤٥ الأخير تحت عنوان: "الفلسفة، الإبستمولوجية، تاريخ العلوم". يعرض القسم -القسم الخامس والأربعون والأخير : "الفلسفة، الإبستمولوجية، تاريخ العلوم"- لمعرفة تطور فصل معين من فصول المعرفة في العصر الحديث.

أدار رشدي راشد مركز تاريخ العلوم والفلسفات العربية والوسيط بالمركز نفسه وبجامعة باريس -٧ ولجنة الدراسات العليا في فلسفة العلوم وتاريخها بالجامعة نفسها. وكان أستاذ كرسى تاريخ الرياضيات بجامعة طوكيو باليابان وأستاذا فخريا بجامعة المنصورة بمصر. وهو عضو الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم وأكاديمية علوم العالم الثالث (لجنة الرياضيات) ومعهد الدراسة المتقدمة (معهد الدراسات التاريخية، برنستون) ومجمع

اللغة العربية بدمشق والقاهرة. وهو نائب رئيس الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم منذ عام ١٩٩٧ إلى كتابة هذه السطور. وترأس تحرير المجلد الخاص بتاريخ العلوم العربية في موسوعة تاريخ العلوم العالمية في إيطاليا عام ٢٠٠٢. ويرأس منذ أكثر من عقد من الزمان تحرير مجلة "العلوم العربية والفلسفة" *Arabic Sciences and Philosophy* الصادرة عن وحدة إصدارات جامعة كمبردج بالمملكة المتحدة.

وأسس رشدي راشد عام ١٩٨٤ فريق البحوث في فلسفة العلوم وتاريخها والمؤسسات العلمية *REHSEIS* بالمركز القومي للبحث العلمي بباريس. ثم أداره حتى مايو من عام ١٩٩٣. وترأس عام ١٩٩٥ "مشروع بيت الحكمة" بمنظمة اليونسكو الدولية بباريس. وأدار عام ١٩٩٧ كلية تاريخ العلوم في ساردني بجنوب إيطاليا تحت إشراف منظمة اليونسكو العالمية. وأدار عام ١٩٩٨ كلية تاريخ العلوم تحت إشراف جامعة نيس بجنوب فرنسا وجامعة المنصورة في مصر. وفاز بالجائزة البرونزية من المركز القومي للبحث العلمي بباريس بفرنسا عن كتابه الرائد عن ديوفنطس الاسكندراني، "علم العدد" ^(٨).

ومنحه السيد رئيس الجمهورية الفرنسية عام ١٩٨٩ فرونسوا ميتران وسام الاستحقاق من طبقة فارس في مناسبة العيد الخمسين للمركز القومي للبحث العلمي بباريس. ومنحته الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم عام ١٩٩٠ جائزة "آلكسندر كويريه" عن مجموع أعماله. والجدير بالذكر أن آلكسندر كويريه، صاحب الكتاب المرجعي عن "الثورة الفلكية" ^(٩) كان أحد أساتذة رشدي راشد المباشرين وأحد أهداف نقد رشدي راشد التاريخي في أن معا. وجائزة "آلكسندر كويريه" هي أعلى جائزة عالمية في تاريخ العلوم تمنحها الأكاديمية العلوم للعلوم كل أربع سنوات. وفاز رشدي راشد كذلك عام ١٩٩٠ بجائزة منظمة مركز المؤتمر الإسلامي لتاريخ الإسلام، قطاع الفن والثقافة، عن مجموع أعماله في تاريخ الرياضيات وفلسفتها. ومنحه السيد رئيس الجمهورية الإيرانية عام ١٩٩٨ الجائزة العالمية لأحسن كتاب بحثي في الدراسات الإسلامية عن موسوعة "تاريخ العلوم العربية" ^(١٠) التي حررها رشدي راشد وشارك فيها أدولف ب. يوشكفيتش، رئيس الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم، وصاحب الكتاب الرائد في "تاريخ الرياضيات في العصر الوسيط" (ليبيزيج، ب. ج. توينبير، ١٩٦٤، وهي الترجمة الألمانية : *Geschichte der Mathematik im Mittelalter* للنص الروسي الأصلي الصادر في الاتحاد السوفيتي السابق عام ١٩٦١)، وريجيس مورلون، مدير المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية بالقاهرة، وصاحب كتاب "ثابت بن قرة، الأعمال الفلكية" (تحقيق وترجمة، باريس، دار الآداب الرفيعة، ١٩٨٧).

ومنح أمير الكويت رشدي راشد عام ١٩٩٩ جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي المتقدمة عن أبحاثه في تاريخ الهندسة العربية ^(١١). ومنحه فدريكو مايور، مدير عام منظمة اليونسكو الأسبق، جائزة "ابن سينا" لحوار الحضارات، الدولية.

٣- جيل رشدى راشد

وكانت لكل جيل نتائج كما كانت له مسلماته. كانت الأمور فى الأجيال السابقة على ثورة ٢٣ يوليو ١٩٥٢ تبدو وكأن الدولة مهما ارتدت من ثياب الديمقراطية الغربية ليست أكثر من جهاز القهر الملكى الاستعماري. وكانت الثقافة فى خطها العام مجرد رد فعل للحضارة الغربية من جهة، وللتراث العربى من الجهة الأخرى. وكانت الأحلام الفكرية للأجيال الثلاثة السابقة على حركة ٢٣ يوليو ١٩٥٢ لا تكاد تتجاوز الحلم الديمقراطى العربى عند جيل الرواد والحلم الاجتماعى-الديمقراطى عند الجيل الذى يليه والحلم اليسارى عند الجيل السابق على جيل رشدى راشد مباشرة.

وقد مضت هذه الأحلام فى خط سيرها جنباً الى جنب مع أحلام الأصولية كرد فعل أمام الحضارة الوافدة. على أن الأحلام بعامة، يسارا ويمينا، لم تكن مجرد ردود أفعال عند بعض المثقفين، وإنما كانت أيضاً بلورة عميقة الدلالة لآمال اجتماعية عامة. فلم تكن القضية الانحياز للفكر الغربى أو للتراث العربى إنما كانت القضية ولا تزال التطور اللامتكافى بين الحضارة الحديثة والتخلف المصرى العربى الإسلامى. ولم يكن ذلك يتم بمعزل عن العصر الذى عاشوا فيه، وهو العصر الذى شهد حربين عالميتين اختتمتا بتفجير الذرة، كما شهد نشأة نظام اشتراكى عالمي. وقد انعكس الصراع بين الليبرالية والاشتراكية على خريطة الأحلام المصرية انعكاساً ملحوظاً.

كان جيل منتصف العشرينيات من القرن العشرين - دفاع سلامة موسى وشاهين مكاريوس وفارس نمر، تمثيلاً لا حصراً، عن التفكير العلمى- قد ألقى مراسيه الفكرية فى منتصف الثلاثينيات. وبلغ جيل منتصف الأربعينيات -دفاع العالمين على مصطفى مشرفة ومصطفى نظيف، حصراً، عن التفكير العلمى- ذروة تقدمه فى منتصف الأربعينيات أو نحوها. ولا يختلف الأمر عند جيل منتصف الأربعينيات الذى كان عام ١٩٤٦ هو شهادة ميلاده فقد عرف قمة ازدهاره عام ١٩٥٦، أى ذلك العام الذى استهل فيه رشدى راشد بحثه العلمى.

٤- نصف القرن المصرى الأخير

كانت الملحوظة الرئيسة على هذه الأجيال هى أنها فى تطورهما الفكرى ترتكز دوماً على منهج متكامل سواء أكان علمياً أو يسارياً أو ديمقراطياً. وقد كانت الملحوظة الرئيسة على أجيال ثورة ٢٣ يوليو ١٩٥٢ هى أنها فى تطورهما الفكرى ترتكز أيضاً على منهج متكامل سواء أكان علمياً أو يسارياً أو ديمقراطياً، وإن لم تر الفكرة العلمية ولا اليسارية ولا الديمقراطية حلمها يتحقق. لقد رأت كل فكرة من هذه الأفكار بعضاً من حلمها يتحقق، وبعضاً آخر غاص فى الرمال أوفى قاع النهر. ولم يتحقق البعض الذى تحقق على هواها أو على

طريقتها أو على يديها. والبعض الذى غاص الى الأبد غاصت معه أحلام وأعمار وأجيال كاملة. هذا هو المناخ الذى ولد فيه وعى ذلك الجيل الذى ينتمى إليه رشدى راشد.

فقد بدأ ينهل ثقافته قبل قيام الثورة، فلم يجد إلا صمتاً وزيفاً وقلقا عنيفاً، وحين قرأ الماضى -ماضى الأساتذة- أحس بالفجوة بين الواقع والأحلام، ولكنه أحس فى الوقت نفسه بحيرته وحيرة جيله : رشدى راشد، عبد الحكيم قاسم، غالى شكري، كرم مطاوع، فيليب جلاب، نزار قباني، عبد الله الطوخي، شكرى محمد عياد، صلاح أبو سيف، تمثيلاً لا حصراً.

لكن رشدى راشد هو الامتداد المتطور لسلالة معينة من العلماء والمؤرخين المعاصرين، هى سلالة مصطفى نظيف، على مصطفى مشرفة، أ. ف. هومبولت، ب. لاكى (تاريخ ثابت ابن قرة فى اللغة الألمانية:

Thabit b. Qurra's Buch über die ebenen Sonenuhren. Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung B : Studien, 5 (1938)

وإن اختلف رشدى راشد مع العالم الجليل فى قراءة بعض عبارات نص عمر الخيام وفى ترجمة بعض الفقرات، بل إن اختلف فى غير موضع ولم نقره على ما ذهب إليه إلا أن رشدى راشد يذكر بجودة عمل ب. لاكى على وجه العموم، وبما أداه مع أعمال ف. فبكه الأخرى من خدمات فى ترجمة كتاب "الفخري" للكرجى فى الجبر، إلى اللغة الفرنسية، والذى مهد له بمقدمة عن الجبر اللامحدد عند العرب، وأورد بعض المقتطفات فى اللغة العربية، باريس، ١٨٥٣)، هاينريش سوتر ("علماء الرياضيات وعلماء الفلك العرب وأعمالهم" :

Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke

١٩٠٠، وأعيد طبعه فى نيويورك فى الولايات المتحدة عن دار جونسون، عام ١٩٧١، وكان المؤرخ الألماني، هاينريش سوتر، قد أضاف إضافات وتصحيحات وتصويبات، فى طبعة لاحقة عام ١٩٠٢، حصراً)، هيرشبرج، أ. فيدلمان ("الكتابات الكاملة فى تاريخ العلوم العربية-الإسلامية"، ٣ ج، ط د. جرك، فرانكفورت، معهد تاريخ العلوم العربية-الإسلامية، ألمانيا، ١٩٨٤)، ج. ل. سيديو ("مقدمات للجدول الفلكية لولوج بيج"، باريس، ١٨٥٣، حيث أورد النص الفارسي وقام بالترجمة الفرنسية من الفصول التمهيدية الطويلة إلى الجداول الفلكية التى أنتجت فى عصر الملك ولوج بيج أمير سمرقند، والذى كان عالماً فى الرياضيات والفلك)، فرانس ويكه (بحث فى الهندسة العربية فى اللغة الفرنسية)، نالينو، روسكا، كارينسكى ؛ م. كراوسه. وهو غير بول كراوس (الدوائر عند مينيلوس الاسكندراني فى صحيح أبى نصر منصور بن على بن العراق. محاولات فى تاريخ النص عند علماء الرياضيات. وهو تحقيق للنص مع ترجمة ألمانية للنص العربى المنقول عن الأصل اليونانى المفقود حول دوائر مينيلوس، تمثيلاً لا حصراً) وغيرهم من مؤرخى العلوم المعاصرين الذين فتحوا أفقا متميزاً فى تاريخ التأريخ للعلوم العربية وفلسفتها.

لقد حوَصر التراث العربى بين الدين واللغة ولم يذكر جانبه العلمى غالباً إلا لتأكيد خطابى لحق العرب التاريخى فى المعاصرة. ولقد حاول جيل من علماء العرب فك هذا الحصار الدينى-اللغوى. فلقد جوصر التراث العلمى بين موقفين وموقف ثالث توفيقى. الموقف الأول يتمثل فى النظر إلى العلماء العرب كحراس لمتحف العلم اليونانى. والموقف الثانى يعتبرهم أسلاف كل ميادين العلم الكلاسيكى. أما الموقف التوفيقى فهو حائر، من دون نظرية علمية فى التفسير، بين موقف الحرس وموقف السبق. ولا يقف رشدى راشد موقفاً تجريبياً. ولا يعزل الواقعة العلمية. ويتجاوز منظور التتابع التاريخى. ولكنه يستند على نظرية ظاهرية-بنوية. فأحياء التراث ليس بعثاً لموتى ولا بياناً لما اختفى إلى الأبد.

ولكن رشدى راشد حقق النصوص وترجم المخطوطات التى أسهمت فى تكوين المعاصرة نفسها وتاريخها. لم يهمل التراث الإسلامى الدينى-اللغوى، بل قرأ التراث الإسلامى الدينى-اللغوى، فى ضوء التراث العربى العلمى البحت. سجل رشدى راشد، على سبيل المثال، تطبيق العلماء التحليل التوافقى فى ميدان الجبر والدراسات اللغوية والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى، شرع جاك برنوللى ومونمور فى صياغة التحليل التوافقى فى أفق العلم الجديد ومسائل التجزئة لمجموعة وقائع من دون مجموعة الأعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا بعض طرائق هذا التحليل واستخدموها. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقى. وكشف رشدى راشد، من جهة التراث الدينى، لدى عالم الرياضيات المسلم الكلاسيكى، عن تفكير معين حول الرياضيات، أو عن فلسفة محددة فى الرياضيات لم تصدر عن فيلسوف إنما صدرت عن عالم رياضيات. لم يبين الرياضى فى اللغة العربية، نظاماً فلسفياً، إذا ما قورن بالنظم الميتافيزيقية الشهيرة فى ما سُمى باسم القرون الوسطى فى التأريخ الغربى التقليدي. فهى نتاج الرياضى فى أثناء ممارسته الرياضيات. لذلك لم يذكره مؤرخو الفكر فى ما سُمى باسم العصر الوسيط فى التواريخ التقليدية، الذين استحوذت عليهم الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو الفقه، أو ردة الفعل التقليدية على تلك الاتجاهات التى مثلها آنذاك ابن حزم وابن تيمية. وذلك مع أن الفكر فى ما سُمى باسم العصر الوسيط والذى استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه، من بابوس أو برقلس، أى أن الفكر فى ما سُمى باسم العصر الوسيط الذين استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه من التراث اليونانى القديم. ولم يغير أطر التفكير الإغريقى، سوى الرياضى، وغيره من العلماء، فى أثناء بحثهم العلمى الدقيق.

ذلك هو مشروع رشدى راشد : كيف بالإمكان تحديد التغيرات الفعلية فى الأسلوب وتعيين ظواهرها بدقة إذا كان علماء القرن السابع عشر قد ظهوروا بعد إقليدس وديوفنطس ؟ كيف بالإمكان أن يجتنب مؤرخ العلوم صياغة حكم كلى على تاريخ الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها؟

إن معرفة تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها تؤسس لطرح مسألة أسلوب هذا العلم والمساهمة المجددة للقرن السابع عشر الميلادي، في أفق آخر. فإن العودة إلى الرياضيات العربية غير مطروحة لدى معظم المؤرخين، إذ إن المتخصصين يتفقون على أن الرياضيات في اللغة العربية لم تتميز من جهة اكتشافاتها ولا بأهمية نتائجها.

لأنه لا يملك حلما ولا واقعا، أقبل جيل ثورة يوليو والأحلام تتساقط الواحد بعد الآخر، والواقع الجديد له لغته الخاصة. كان المثقف الليبرالي يناضل ضد الاستعمار والتخلف ففاجأته حركة يوليو بالاستقلال الوطني. وكان عليه أن يفرح. غير أنها فجعت في ليبراليته. فحزن. وكان المثقف الحر يناضل ضد الاستعمار والإقطاع والفئات العليا فحققت له حركة يوليو اقتصادا وطنيا متقدما. وكان المثقف اليساري يناضل ضد الاستعمار والاستغلال ولم تتواز أحلامه مع واقع حركة يوليو. وقد خلق هذا الواقع من أعظم أبناء أجيال النصف الأول من القرن العشرين أبطالا منقسمين على أنفسهم.

٥- مسار رشدي راشد

في عقد الخمسينيات من القرن العشرين، غادر رشدي راشد البلاد من قبل غيره من الباحثين إلى أنحاء العالم بحثا عن مدينة فاضلة أخرى. وارتحل على مدار الأربعين عاما الأخيرة بين أغلب عواصم العالم بحثا عن حلم آخر. وتعرفت إليه لأول مرة في العاصمة الفرنسية باريس في عقد التسعينيات من القرن العشرين حين قارب مشروعه العلمي الفذ من الاكتمال.

إن العلم في حياته وسيلة لمزيد من المعرفة. فموهبته الكبيرة ليست محصورة في الرياضيات الخالصة وإنما هو مشغول كذلك بالإجابة عن سؤال الفلسفة. وتلعب الأخلاق دورا حاسما في حياته العامة والخاصة على السواء، إذ لم تكن المناصب، وإن تقلد مواقع علمية مهمة وعديدة - ولا الأضواء ولا المال، فكان حرا من القيود البلهاء التي تكبل غيره وتدفع بهم أحيانا إلى مهاوى الخطأ. وإذا كان ذكاؤه قد تسبب في تطوره الفكري حيث انحاز أيام عبد الناصر لحلم الثورة الوطنية ومشروعها الثقافي إلا أن أخلاقه الرفيعة قد نأت به عن التأييد غير المشروط.

وبين الشد والجذب وبين المد والجذر، ظل رشدي راشد أمينا للفكر الوطني المصري الأصيل. وهو أحد النادرين من هذا الجيل الذين جمعوا جمعا حقيقيا وعميقا بين المعرفة بالتراث العربي-الإسلامي والتراث العالمي على حد سواء. مع ذلك، هو ليس من التوفيقين الذين يلفقون حزب الوسط الثقافي، بل هو من الذين يقيسون التراث وغيره بمدى قربيه أو بعده عن الحاجات الأساسية للعلم. احتفظ من صباه إذن بالقيم الأخلاقية التي تربي عليها، وبمحببة التراث العربي والتراث العالمي كجزأين جوهريين من هويته الوطنية والعالمية،

ويحرص زملاءه على اكتشاف مختلف مكونات التراث الإنساني والعربي قبل الحكم عليها، إذ هو عدو لدود للدعاء. قاده ذلك كله إلى الإيمان العميق بالعلم. فقد حل نمط معين من أنماط الانتساب إلى الفكر العلمي في عقله ووجدانه محل الأفكار القديمة. وقد حل له هذا التحول مشكلات عديدة بشأن الهوية والانتماء، إذ تبلور الانتساب إلى العلم عنده من دون الانفصال عن الوطن والثقافة القومية والحضارة العربية، أى أن الفكر العلمي هو الوعاء النظري العام: تاريخ الجبر وفلسفته؛ النظرية الكلاسيكية في الأعداد؛ المناظر الهندسية والمناظر الفيزيائية؛ البنيات الهندسية والرياضيات التحليلية؛ تطبيق الرياضيات في العلوم الاجتماعية من الجهتين: التاريخية والفلسفية.

أما الوحدة المعاصرة، فقد أدرك رشدى راشد أنها مستحيلة التحقيق بغير العلم. ولعل بعض المعاصرين من الأجيال الجديدة لا يعرفونه المعرفة الدقيقة. فقد أدى تواضعه الجرم إلى نوع من الانطواء والتقوقع داخل الدائرة الضيقة جدا من الأصدقاء. وإذا كانت هزيمة ١٩٦٧ قد أصابت الجيل بزلزال عنيف، فقد اختلفت انعكاساتها من فئة إلى أخرى ومن فرد إلى آخر. أما رشدى راشد فقد شعر أنه شخصيا قد هزم. مع أنه لم يكن بحوزته سلطات أو صولجان. فهو مثقف يعيش الحلم ويكتفى بموقعه مجرد عامل بناء في مشروع لم يكتمل. وبعبسيرة ثاقبة أدرك أن الزمن القادم هو زمن العلم وحده. وقد مثل عمل رشدى راشد جزءا لا ينفصل من المرحلة المعاصرة من تاريخ الإنسانية، حيث الاهتمام موجه بالدرجة الأولى إلى "علوم الرياضيات"، وإلى تطبيق الرياضيات على العلوم الإنسانية والاجتماعية. ذلك أن الحضارة الحديثة تميل إلى تغليب التقنيات على المظاهر الإنسانية، وتعمل بذلك على إخضاع الكائن البشرى إلى ما ينبغي أن يظل مجرد وسائل تخدم تحرير هذه الغاية. لذلك، يتحتم إعادة التوازن في هذه الحضارة بين الرياضيات والفلسفة.

ويهدم رشدى راشد الرؤية الأنثروبولوجية -في اللغة اليونانية *ANTROPOS /LOGOS* ، وفي اللغة الفرنسية *ANTHROPOLOGIE*، وفي اللغة الألمانية^(١٧) *ANTHROPOLOGIE* وفي اللغة الإنجليزية *ANTHROPOLOGY* وفي اللغة الإيطالية *ANTHROPOLOGIA*، اللاهوتية، والمدرسية، والحديثة، في التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها. ذلك أن رشدى راشد يذكرنا بأن ذلك العهد الذى طال واعتبر الإنسان الأوروبي فيه نفسه مركزا لاهوتيا للكون قد انقضى. ومن هنا رفض التعارض الضدى أو الثنائية الضدية بين نوعين من الشعوب: نوع يزعم أن له قابلية ومؤهلات خاصة للعلم ، ونوع لا علم له ولا مؤهلات طبيعية (ولم يسبق له قط أن ابتكر ابتكارا واحدا في خدمة البشرية لأنه يتعذر عليه أن يستنبط أى شيء جديد). فهى ثنائيات تعيد صياغة الثنائيات التى مضى عهدها : الخير والشر، الصح والخطأ، الداخل والخارج، الإيجاب والسلب، القبيح والجميل، العمودى والأفقي. فمفهوم ثنائية الشر المطلق، من جهة، والخير المطلق، من جهة أخرى، أو مفهوم ثنائية الباطل المطلق، من جهة، والحق المطلق، من جهة أخرى، أو مفهوم ثنائية القبح المطلق، من جهة،

والجمال المطلق، من جهة أخرى، هو جوهر "درجة الصفر في التفكير"، وهي درجة الصفر التي تقف خلف الإرهاب السياسى باسم الدين والإرهاب الدينى باسم الديمقراطية. ذلك أن الإرهاب، يصدر عن تجريد المبادئ من واقعها. لابد لنا أن نتجاوز ثنائية الخير والشر، أو كما قال فريدريش نيتشه، لابد لنا أن نتكلم "من وراء حدود الخير والشر. مقدمة لفلسفة المستقبل" (١٨٨٦).

إن النقطة المحورية هنا بالضبط، فى المعنى العكسى كليا للفلسفة الغربية المسيحية والفلسفة العربية-الإسلامية، على حد سواء، فى تجاوز العلاقة بين الخير والشر. فنحن نعتقد اعتقاداً ساذجاً بأن تقدم الخير وصعوده القوى فى المجالات كلها (العلوم، التقنية، الديمقراطية، حقوق الإنسان) يهزمان الشر. لكن أحدا لم يفهم أن الخير والشر يصعدان بقوة فى وقت واحد معا وبحسب حركة واحدة.

باسم "علم" مزيف للطبيعة البشرية، إذن، تشوه طبيعة الإنسان ، بغية تفسير سيطرة بعض الشعوب على شعوب أخرى. فالثقافة الوطنية لدى الفرد أو الشعب ، قوام لكيانه. كذلك كل ثقافة، إنما تنمو وسط ثقافات مختلفة. فمجموع الثقافات العالمية هى التربة الضرورية لنمو كل واحدة منها ، وهذه التربة هى الحضارة الإنسانية. وتنطوى مسألة التفاعل بين الثقافات الوطنية المتنوعة -سبق أن أشرنا إلى أن فديريكو مايور، مدير عام منظمة اليونسكو الأسبق، منح رشدى راشد جائزة "ابن سينا" لحوار الحضارات- على عدد ملحوظ من المظاهر، إلا أن رشدى راشد يعرض لتطور الرياضيات التاريخي، والمزايا الخاصة بكل منها، كما يركز جهده فى محاولة اكتشاف وتحليل العامل الرئيسى الذى يلعب دور العنصر الجوهرى المشترك بين الثقافات كافة، على اختلاف أنواعها. ولذا ، كلما أدركت الثقافة الوطنية أصالتها ، شعرت بضرورة التفتح ، لأنها تعيش فى تكامل مع الثقافات الأخرى (١٣) .

سرعان ما يتحول التساؤل حول الصلة بين العلم والدين إلى تبنى مواقف دفاعية وتمجيدية، أو على العكس من ذلك، إلى الكشف عن نيات الشك والانتقاد، وذلك نتيجة غيبة المعرفة اللازمة بالظروف التاريخية للصلة بين العلم والدين. ومن ثم فإن المؤلفين - سواء كانوا من المدافعين أم من النقاد- لا يختلفون فيما بينهم إلا فيما يتعلق بالوسائل المتاحة لهم للدفاع عن مقاصدهم وإخفائها فى الوقت نفسه. وبذلك يقيمون آراءهم على أساس مصنوع يعكس لغة عصرهم وتصوراته.

لا يصور التاريخ العلم والدين باعتبارهما كيانيين خالصين، إنما يصورهما بوصفهما ينسجان علاقات محددة بين حقيقتين تاريخيتين. فما نقصد عرضه هنا إن هو إلا مساهمة رشدى راشد فى نظره إلى التساؤل الكبير المتعلق بالصلة بين العلم والدين - وهو تساؤل جد طموح. فالأمر يتعلق بتقديم تاريخ العلوم الدقيقة فى اللغة العربية منذ القرن العاشر الميلادى على وجه التقريب وبصورة عامة تارة، وبصورة خاصة، تارة أخرى. فالواقع أن ذلك يمثل - على وجه الإجمال - منهجا أكيدا - إن لم يكن مباشرا - لشرح الصلات بين الإسلام

والعلم فى أثناء فترة معينة من تاريخ كل منهما. ومن ثم يصبح بالإمكان فهم الكيفية التى تم بها نقل العلوم العربية إلى أوروبا فى العصر الوسيط وما سُمى باسم "عصر النهضة".

لم يكد يمضى على وفاة النبى الكريم - ٦٣٢م - بضعة عقود - حتى كانت " دار الإسلام " تضم الجزء الأكبر من أقاليم الإمبراطورية البيزنطية وكذلك جملة أقاليم الإمبراطورية المنافسة لها وهى الإمبراطورية الفارسية. وكانت هذه الأقطار تحوي- فى منتصف القرن السابع الميلادى - أشهر المراكز الثقافية للعلم الهيلينستى وهى : الإسكندرية وإنطاكية، ولؤسسات دولة جديدة - تلك المؤسسات التى تعين عليها أن تكون على مستوى توسع إقليمى متميز. كان عليها مراعاة الفرق الكبير بين الشعوب التى اعتنقت الإسلام، وكذلك تعريب هذه المؤسسات، عدا المواجهة المستمرة حينذاك بين الإسلام والأديان السماوية الأخرى التى نشأت فى هذه الأقطار نفسها، والمذاهب الفلسفية المتباينة التى كانت لا تزال سائدة فى هذه المناطق. كل هذه العوامل أسفرت عن قيام ممارسات علمية تميزت بها الخلافة الجديدة. كانت الأساس الذى استندت إليه حركة استعادة التراث العلمى- الفلسفى برمته وتطويره .

ولقد شهدت نهاية القرن السابع الميلادى تطوراً متميزاً للدراسات اللغوية - بما فى ذلك تأليف المعاجم كعلم وفن. وشهدت وضع نظرية تقنية تامة فى العلوم الفقهية. وشهدت وضع علم الكلام الذى كان ممثلوه يحلون مسائل الفلسفة الطبيعية بطريقة متميزة. وكانت هذه الممارسات المكثفة فى اللغة، والفقه والكلام، وعلم التاريخ والنقد التاريخى، تميز أوساط العلماء الذين تداخلت اهتماماتهم فى العلوم " العربية " فى حين أن العلوم الأخرى كانت تسمى " علوم الأوائل ". نشأت العلوم " العربية " فى ضوء الإسلام، ديناً ولغةً ومجتمعاً مدنياً. لا تعود تلك النشأة إلى أهميتها فى نفسها وحسب إنما تعود إلى أنها كانت أساس إمكانات متميزة ولا سيما فى مجال تطوير العلوم الدقيقة. ذلك أن أهمية الإسهام العلمى للقدماء قد ظهرت أول ما ظهرت فى أوساط المتكلمين- الفلاسفة. وليس من قبيل المصادفة أن الكندى - وهو أول فيلسوف عربى بالمعنى اليونانى لكلمة فيلسوف - والذى عاش فى أثناء النصف الأول من القرن التاسع الميلادى - كان ينتمى إلى هذه الأوساط . إن الخلفاء فى بغداد - كالمأمون - وهو أيضاً كان ينتمى إلى هذه الأوساط نفسها - هم الذين كانوا يوفدون البعثات العلمية بحثاً عن المخطوطات اليونانية ويحثون على ترجمتها. وأنشأ هؤلاء المعاهد العلمية - " دور الحكمة " - التى ضمت المكتبات والمشافى والمراصد اللازمة لأغراض البحوث العلمية. هذا وقد توافر فى بلاط الخلفاء - ومن بين رجال الدولة المتأثرين بالتيار الكلامى - الفلسفى - الوزراء وأنصار الآداب والفنون والعلوم الذين كانوا يبذلون- كالخلفاء - قصارى جهدهم لدعم وتشجيع ممارسات البحوث العلمية.

فعلماء اللغة وفروا التقنيات اللازمة لأعمال الترجمة العلمية من اللغة اليونانية بشكل أساس. فقد شهد القرن التاسع الميلادى حركة ترجمة متميزة. ولم تسبقها حركة أخرى بمثل هذه الضخامة، ولا بمثل وسائلها العامة

والخاصة. فتمت- منذ نهاية القرن التاسع الميلادي - ترجمة مؤلفات أقليدس وأرشميدس وأبولونيوس وبطلميوس وديوفنطس والمجموعة الأبقراطية وجالينوس وأرسطوطاليس وبروقلس وغيرهم.

توافر في نهاية القرن التاسع الميلادي للرياضيين الذين كانوا يكتبون في اللغة العربية، مجموعة علم العدد الهلنستي مترجمة إلى لغتهم وهي مقالات علم العدد في كتاب "الأصول" لأقليدس وكتاب "المدخل إلى علم العدد" لنيقوماخوس الجيرازي، و"المسائل العددية" لديوفنطس الاسكندراني. توصل هؤلاء الرياضيون - لأول مرة في ذلك العصر - إلى تأسيس الجبر كعلم قائم بنفسه. وهو التأسيس الذي انطلق منه رشدى راشد في تأريخه للرياضيات وفلسفتها.

ولابد لي في ختام مقدمتي من شكر الأستاذ الدكتور بدوى المبسوط (١٩٤٣ في لبنان/طرابلس) أستاذ الرياضيات بجامعة بيار ومارى كورى (باريس ٦) بفرنسا، وهو أستاذ الرياضيات التطبيقية في الميكانيكا السماوية والميكانيكا الحيوية، وفي تاريخ العلوم العربية. راجع الأستاذ الدكتور بدوى المبسوط الكتاب، وصوبه ودققه في الرياضيات. ولابد لي، كذلك، في ختام مقدمتي، من شكر الأستاذ الدكتور ريجيس مورلون، مدير معهد الدراسات الشرقية بالقاهرة، ومدير مركز العلوم العربية الوسيطة بالمركز القومى الفرنسى للبحث العلمى، ورئيس لجنة دراسات الماجستير والدكتوراه في فلسفة العلوم بجامعة جوسيو-باريس ٧ بفرنسا، لتشجيعه وإصراره على الدفع بمشروع الكتاب إلى الأمام حتى دعانى للإقامة لمدة شهر في رحاب المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى في صيف عام ٢٠٠٣ . ولابد لي، أخيراً، من شكر الأستاذ جون جاك بيرينيس، أمين عام معهد الدراسات الشرقية بالقاهرة، والأستاذ رُنيه فانسون، أمين مكتبة الدومينيكان بالقاهرة، مساعدتي في الحصول على مصادر عدة من مراجع الكتاب، مخطوطة ومطبوعة، عربية وأجنبية ، والأستاذ/كريستوف دوبوفيه المستشار العلمى الفرنسى بالشرق الأوسط .

الهوامش :

- 1) *Maurice Clavelin, La philosophie naturelle de Galilée, complété par la traduction en langue française, des Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles, Paris, A. Colin, 1968 .*
- 2) *Maurice Boudot, Logique inductive et probabilité, Paris, A. Colin, 1972.*
- 3) *Karl Popper, Objective knowledge, A realistic view of logic, physics, and history, CUP, 1972.*

بحث كارل بوبر، فى منطق الكشف العلمى، الفصل الأول، فى بعض المسائل الأساسية كمسألة الاستقراء، والنزعة النفسية (موضع الحدس *EINFUHLUNG* أو "العشق الفكرى"فى النظرية العلمية)، واختبار النظريات واستنباطها، والفرق بين العلوم التجريبية والنظم الرياضية والمنطقية (خلافه مع الوضعية القديمة، وفلسفة فتيجنشتين، وأينشتين، وشليك، وغيرهم من الفلاسفة والعلماء الغربيين) ، والخبرة كمنهج علمي، والتكذيب المنظم والمنسق للنظريات العلمية، والموضوعية فى العلم، والقناعة الذاتية، وغيرها من مسائل التأسيس الميتافيزيقى للعلم، ورفض النظريات التكذيب على مستوى الخبرة، إنما التكذيب هو استنباط أو اختبار لانتهائى *AD INFINITUM* على مستوى الشكل المنطقى للنظريات، وهويتم لأنه لا توجد عبارات نهائية فى العلم.

أنظر، فيما يتعلق بكارل بوبر، أهم دراسة عن كارل بوبر فى اللغة العربية، حتى الان : د. يمنى طريف الخولي، "فلسفة كارل بوبر، منهج العلم.. منطق العلم"، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٩، وأنظر فيما يتعلق بتصور تطور العلوم فى التاريخ العربى : حاجى خليفة، "كشف الظنون"، دار إحياء التراث العربى، ١٩٤١، ص ٢٧١-٣٣٤ .

٤) شيث نعمان، "العمل العلمى ومؤسساته فى البلاد المبتدئة"، وزارة الثقافة والفنون، العراق، ١٩٧٨ .

٥) د. وائل غالى، "أوهام المستقبل"، القاهرة، دار الثقافة، ١٩٩٨، ص ٢٣٩-٢٤٨ .

٦) رشدى راشد، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، تحقيق وتقديم ودراسة، ج ١ : "المؤسسون والشارحون"، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ١٩٩٦ ؛ ج ٢ : الحسن بن الهيثم، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ١٩٩٣؛ ج ٣ : الحسن ابن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٠٠٠؛ ج ٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٠٠٢، (فى اللغة الفرنسية)؛ "المدخل الى تاريخ العلوم" (تأليف مشترك)، ج ١: العناصر والأدوات، باريس، دار هاشيت، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسية).

أنظر من جهة أخرى، فى ما يتعلق باللامتناهى فى الأدب والفن :

Philippe Sollers, Eloge de l'infini, Edition complété par un index des noms et des oeuvres cités, Paris, Gallimard, Folio, 2003.

- 7) *Nicolai Copernicus Torinensis, De Revolutionibus Orbium Coelestium, libri VI, Norimbergae, 1543.*
- 8) *R. Rashed, Diophante dAlexandrie, Les arithmétiques, Paris, Les Belles Lettres, 1984.*
- 9) *Alexandre Koyré, La révolution astronomique, Copernic, Kepler, Borelli, Paris, Hermann, 1961.*
- 10) *Histoire des sciences arabes, sous la direction de Roshdi Rashed, avec la collaboration de Regis Morelon, trois tomes, Paris, Seuil, 1997.*

رشدى راشد (تحرير)، ريجيس مورلون (سكرتير التحرير)، "موسوعة تاريخ العلوم العربية"، مركز دراسات الوحدة العربية، مؤسسة عبد الحميد شومان، سلسلة تاريخ العلوم، ثلاثة أجزاء، بيروت-لبنان، الطبعة الأولى، ١٩٩٧ . أنظر بخاصة الجزء الثانى عن الرياضيات والعلوم الفيزيائية، الرياضيات العددية، الجبر، الهندسة، المثلثات، الرياضيات التحليلية.

11) Roshdi Rashed, *Géometrie et dioptrique au X e siècle, Ibn Sahl, Al-Quhi et Ibn al-Haytham, Paris, Les Belles Lettres, 1993.*

12) Immanuel Kant, *Anthropologie in pragmatischer hinsicht, in Immanuel Kant Schriften zur Anthropologie, Geschichts-philosophie, politik und Padagogik 2, Werkausgabe Band XII Mit Gesamtregister Herausgegeben von Wilhelm weischedel, Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Insel Frankfurt Verlag, 1964, s. 399-690.*

١٣) د. أحمد سعيد دمرداش، "الرياضيات عند العرب ينبوع الفكر الرياضى الحديث"، فى : "التراث العربى"، دراسات، كتاب التراث العربى، القاهرة، جمعية الأدباء، ١٩٧١، ص ١٠٩-١٣٧ . وهناك فرق بين القول بأن الرياضيات عند العرب هى ينبوع الفكر الرياضى الحديث، وبين القول بأن الرياضيات عند العرب هى الفكر الرياضى الحديث نفسه.

سفر البداية

الباب الأول

توسيع المجال التاريخي للرياضيات الكلاسيكية

الفصل الأول

"فينومينولوجيا" الرياضيات العربية

" لا يمثل تاريخ العلوم تمهيدا للكتب العلمية "

جورج كونجيام

I – المدخل التاريخى لإبستمولوجيا العلوم التاريخية

العلم فى الأصل مصدر من علم، وعلم الشيء أى عرفه، وبذا يكون علما كل ما دخل فى علم البشر. إلا أن هذا المعنى العريض للفظ قد ضيق دائرته الاصطلاح المعاصر. فالعلم مجموعة من الدراسات لها غرض معين ومنهج واضح ودائرة محددة.

فأما عن الغرض فهو الوصول إلى المعرفة؛

و أما عن المنهج فإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج الخبرة المباشرة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير المنظم؛

وأما عن دائرة العلم فهذه هى الطبيعة أو هى كل ما يمكن أن يشاهد بطريق مباشرة أو غير مباشرة.

برهن رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمى ليست طريقا مباشرة ولا طريقا قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمى فهى ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية-تاريخية-فلسفية أخرى. فالعقبة النظرية لا تعوق طريق العلم وحسب إنما تؤدى -جدليا- دورا كشافيا، من خلال تحديدها للمسألة تحديدا دقيقا. كانت صناعة الجبر والمقابلة، لدى الخيام، تمثيلا لا حصرا، أحد المعانى (*notion; noêma; intentio*) الأساسية فى الجزء الرياضى من الفلسفة النظرية. وصناعة الجبر والمقابلة، لديه، هى استخراج المجهولات X العددية والمساحية. وفى المجهولات X العددية والمساحية أصناف تحتاج إلى مقدمات صعبة. أما الرياضيون السكندريون المتقدمون فلم يصل إلى الخيام منهم بحث فيها، لعلهم لم يتفطنوا لها أو لم ينقل إلى لسانه بحثهم فيها. وأما المتأخرون فقد حلل أبو عبد الله محمد بن عيسى أحمد

الماهاني (٨٢٥م-٨٨٨م) المقدمة التي استعملها أرشميدس بوصفها مسلمة في الشكل الرابع من المقالة الثانية من كتابه في "الكرة والأسطوانة"، تحليلاً جبرياً، فوصل الماهاني إلى كعاب وأموال وأعداد متعادلة فلم يحلها. فجزم بأنه ممتنع حتى حلها رياضياً من بداية القرن العاشر الميلادي هو أبو جعفر الخازن بالقطوع المخروطية. وحل بعض المهندسين من بعد الخازن بعض المسائل. وليس لواحد من المهندسين في إحصاء أصنافها وتحصيل أنواع كل صنف منها والبرهان عليها بحث مرجعي إلا في صنفين ذكرهما الخيام. وكان الخيام شديد الحرص على تحقيق جميع أصنافها وتفريق الممكن من الممتنع في أنواع كل صنف ببراهين. إن موضوع الجبر هو العدد المطلق والمقادير الممسوحة من حيث هي مجهولة X ومضافة إلى شيء معلوم به يمكن استخراج المقادير المجهولة، وذلك الشيء المعلوم إما كمية وإما نسبة، على وجه لا يشارك (*incommensurable*) -كما لدى الجبريين أمثال ديوفنطس، والكرجي، والسموأل، و مترجمي اليونان وعبارة أقليدس في الحد الأول من المقالة العاشرة من كتاب "الأصول"- الكمية والنسبة في العدد المطلق والمقادير الممسوحة غير الشيء المعلوم. والمقصود ثانياً في جبر الخيام ومقابلته هو استخراج المجهولات العددية أو المساحية. والمقادير هي الكمية المتصلة، وهي أربعة :

١- الخط؛

٢-السطح ؛

٣- الجسم ؛

٤- الزمان.

و ذلك كما ورد في كتاب المقولات لأرسطو "قاضيغورياس" على وجه الإجمال (٦)، وفي كتاب "السماع الطبيعي" (٤)، فصول ١ إلى ٥) في كتاب "الحكمة الأولى" أو كتاب "الميتافيزيقا"، على وجه التفصيل (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٨، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ٩٥، ٩٦، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧، ١٠٨، ١٠٩، ١١٠، ١١١، ١١٢، ١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٢٠، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٥، ١٥٦، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ١٨٣، ١٨٤، ١٨٥، ١٨٦، ١٨٧، ١٨٨، ١٨٩، ١٩٠، ١٩١، ١٩٢، ١٩٣، ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢١٠، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٥، ٢١٦، ٢١٧، ٢١٨، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٥، ٢٣٦، ٢٣٧، ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٢، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥٠، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٣، ٢٦٤، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٢٧٤، ٢٧٥، ٢٧٦، ٢٧٧، ٢٧٨، ٢٧٩، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٠٨، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١١، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٥، ٣٢٦، ٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٢، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥١، ٣٥٢، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٥٩، ٣٦٠، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٥، ٣٦٦، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠١، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٦، ٤٠٧، ٤٠٨، ٤٠٩، ٤١٠، ٤١١، ٤١٢، ٤١٣، ٤١٤، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٥، ٤٢٦، ٤٢٧، ٤٢٨، ٤٢٩، ٤٣٠، ٤٣١، ٤٣٢، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٥، ٤٣٦، ٤٣٧، ٤٣٨، ٤٣٩، ٤٤٠، ٤٤١، ٤٤٢، ٤٤٣، ٤٤٤، ٤٤٥، ٤٤٦، ٤٤٧، ٤٤٨، ٤٤٩، ٤٥٠، ٤٥١، ٤٥٢، ٤٥٣، ٤٥٤، ٤٥٥، ٤٥٦، ٤٥٧، ٤٥٨، ٤٥٩، ٤٦٠، ٤٦١، ٤٦٢، ٤٦٣، ٤٦٤، ٤٦٥، ٤٦٦، ٤٦٧، ٤٦٨، ٤٦٩، ٤٧٠، ٤٧١، ٤٧٢، ٤٧٣، ٤٧٤، ٤٧٥، ٤٧٦، ٤٧٧، ٤٧٨، ٤٧٩، ٤٨٠، ٤٨١، ٤٨٢، ٤٨٣، ٤٨٤، ٤٨٥، ٤٨٦، ٤٨٧، ٤٨٨، ٤٨٩، ٤٩٠، ٤٩١، ٤٩٢، ٤٩٣، ٤٩٤، ٤٩٥، ٤٩٦، ٤٩٧، ٤٩٨، ٤٩٩، ٥٠٠، ٥٠١، ٥٠٢، ٥٠٣، ٥٠٤، ٥٠٥، ٥٠٦، ٥٠٧، ٥٠٨، ٥٠٩، ٥١٠، ٥١١، ٥١٢، ٥١٣، ٥١٤، ٥١٥، ٥١٦، ٥١٧، ٥١٨، ٥١٩، ٥٢٠، ٥٢١، ٥٢٢، ٥٢٣، ٥٢٤، ٥٢٥، ٥٢٦، ٥٢٧، ٥٢٨، ٥٢٩، ٥٣٠، ٥٣١، ٥٣٢، ٥٣٣، ٥٣٤، ٥٣٥، ٥٣٦، ٥٣٧، ٥٣٨، ٥٣٩، ٥٤٠، ٥٤١، ٥٤٢، ٥٤٣، ٥٤٤، ٥٤٥، ٥٤٦، ٥٤٧، ٥٤٨، ٥٤٩، ٥٥٠، ٥٥١، ٥٥٢، ٥٥٣، ٥٥٤، ٥٥٥، ٥٥٦، ٥٥٧، ٥٥٨، ٥٥٩، ٥٦٠، ٥٦١، ٥٦٢، ٥٦٣، ٥٦٤، ٥٦٥، ٥٦٦، ٥٦٧، ٥٦٨، ٥٦٩، ٥٧٠، ٥٧١، ٥٧٢، ٥٧٣، ٥٧٤، ٥٧٥، ٥٧٦، ٥٧٧، ٥٧٨، ٥٧٩، ٥٨٠، ٥٨١، ٥٨٢، ٥٨٣، ٥٨٤، ٥٨٥، ٥٨٦، ٥٨٧، ٥٨٨، ٥٨٩، ٥٩٠، ٥٩١، ٥٩٢، ٥٩٣، ٥٩٤، ٥٩٥، ٥٩٦، ٥٩٧، ٥٩٨، ٥٩٩، ٦٠٠، ٦٠١، ٦٠٢، ٦٠٣، ٦٠٤، ٦٠٥، ٦٠٦، ٦٠٧، ٦٠٨، ٦٠٩، ٦١٠، ٦١١، ٦١٢، ٦١٣، ٦١٤، ٦١٥، ٦١٦، ٦١٧، ٦١٨، ٦١٩، ٦٢٠، ٦٢١، ٦٢٢، ٦٢٣، ٦٢٤، ٦٢٥، ٦٢٦، ٦٢٧، ٦٢٨، ٦٢٩، ٦٣٠، ٦٣١، ٦٣٢، ٦٣٣، ٦٣٤، ٦٣٥، ٦٣٦، ٦٣٧، ٦٣٨، ٦٣٩، ٦٤٠، ٦٤١، ٦٤٢، ٦٤٣، ٦٤٤، ٦٤٥، ٦٤٦، ٦٤٧، ٦٤٨، ٦٤٩، ٦٥٠، ٦٥١، ٦٥٢، ٦٥٣، ٦٥٤، ٦٥٥، ٦٥٦، ٦٥٧، ٦٥٨، ٦٥٩، ٦٦٠، ٦٦١، ٦٦٢، ٦٦٣، ٦٦٤، ٦٦٥، ٦٦٦، ٦٦٧، ٦٦٨، ٦٦٩، ٦٧٠، ٦٧١، ٦٧٢، ٦٧٣، ٦٧٤، ٦٧٥، ٦٧٦، ٦٧٧، ٦٧٨، ٦٧٩، ٦٨٠، ٦٨١، ٦٨٢، ٦٨٣، ٦٨٤، ٦٨٥، ٦٨٦، ٦٨٧، ٦٨٨، ٦٨٩، ٦٩٠، ٦٩١، ٦٩٢، ٦٩٣، ٦٩٤، ٦٩٥، ٦٩٦، ٦٩٧، ٦٩٨، ٦٩٩، ٧٠٠، ٧٠١، ٧٠٢، ٧٠٣، ٧٠٤، ٧٠٥، ٧٠٦، ٧٠٧، ٧٠٨، ٧٠٩، ٧١٠، ٧١١، ٧١٢، ٧١٣، ٧١٤، ٧١٥، ٧١٦، ٧١٧، ٧١٨، ٧١٩، ٧٢٠، ٧٢١، ٧٢٢، ٧٢٣، ٧٢٤، ٧٢٥، ٧٢٦، ٧٢٧، ٧٢٨، ٧٢٩، ٧٣٠، ٧٣١، ٧٣٢، ٧٣٣، ٧٣٤، ٧٣٥، ٧٣٦، ٧٣٧، ٧٣٨، ٧٣٩، ٧٤٠، ٧٤١، ٧٤٢، ٧٤٣، ٧٤٤، ٧٤٥، ٧٤٦، ٧٤٧، ٧٤٨، ٧٤٩، ٧٥٠، ٧٥١، ٧٥٢، ٧٥٣، ٧٥٤، ٧٥٥، ٧٥٦، ٧٥٧، ٧٥٨، ٧٥٩، ٧٦٠، ٧٦١، ٧٦٢، ٧٦٣، ٧٦٤، ٧٦٥، ٧٦٦، ٧٦٧، ٧٦٨، ٧٦٩، ٧٧٠، ٧٧١، ٧٧٢، ٧٧٣، ٧٧٤، ٧٧٥، ٧٧٦، ٧٧٧، ٧٧٨، ٧٧٩، ٧٨٠، ٧٨١، ٧٨٢، ٧٨٣، ٧٨٤، ٧٨٥، ٧٨٦، ٧٨٧، ٧٨٨، ٧٨٩، ٧٩٠، ٧٩١، ٧٩٢، ٧٩٣، ٧٩٤، ٧٩٥، ٧٩٦، ٧٩٧، ٧٩٨، ٧٩٩، ٨٠٠، ٨٠١، ٨٠٢، ٨٠٣، ٨٠٤، ٨٠٥، ٨٠٦، ٨٠٧، ٨٠٨، ٨٠٩، ٨١٠، ٨١١، ٨١٢، ٨١٣، ٨١٤، ٨١٥، ٨١٦، ٨١٧، ٨١٨، ٨١٩، ٨٢٠، ٨٢١، ٨٢٢، ٨٢٣، ٨٢٤، ٨٢٥، ٨٢٦، ٨٢٧، ٨٢٨، ٨٢٩، ٨٣٠، ٨٣١، ٨٣٢، ٨٣٣، ٨٣٤، ٨٣٥، ٨٣٦، ٨٣٧، ٨٣٨، ٨٣٩، ٨٤٠، ٨٤١، ٨٤٢، ٨٤٣، ٨٤٤، ٨٤٥، ٨٤٦، ٨٤٧، ٨٤٨، ٨٤٩، ٨٥٠، ٨٥١، ٨٥٢، ٨٥٣، ٨٥٤، ٨٥٥، ٨٥٦، ٨٥٧، ٨٥٨، ٨٥٩، ٨٦٠، ٨٦١، ٨٦٢، ٨٦٣، ٨٦٤، ٨٦٥، ٨٦٦، ٨٦٧، ٨٦٨، ٨٦٩، ٨٧٠، ٨٧١، ٨٧٢، ٨٧٣، ٨٧٤، ٨٧٥، ٨٧٦، ٨٧٧، ٨٧٨، ٨٧٩، ٨٨٠، ٨٨١، ٨٨٢، ٨٨٣، ٨٨٤، ٨٨٥، ٨٨٦، ٨٨٧، ٨٨٨، ٨٨٩، ٨٩٠، ٨٩١، ٨٩٢، ٨٩٣، ٨٩٤، ٨٩٥، ٨٩٦، ٨٩٧، ٨٩٨، ٨٩٩، ٩٠٠، ٩٠١، ٩٠٢، ٩٠٣، ٩٠٤، ٩٠٥، ٩٠٦، ٩٠٧، ٩٠٨، ٩٠٩، ٩١٠، ٩١١، ٩١٢، ٩١٣، ٩١٤، ٩١٥، ٩١٦، ٩١٧، ٩١٨، ٩١٩، ٩٢٠، ٩٢١، ٩٢٢، ٩٢٣، ٩٢٤، ٩٢٥، ٩٢٦، ٩٢٧، ٩٢٨، ٩٢٩، ٩٣٠، ٩٣١، ٩٣٢، ٩٣٣، ٩٣٤، ٩٣٥، ٩٣٦، ٩٣٧، ٩٣٨، ٩٣٩، ٩٤٠، ٩٤١، ٩٤٢، ٩٤٣، ٩٤٤، ٩٤٥، ٩٤٦، ٩٤٧، ٩٤٨، ٩٤٩، ٩٥٠، ٩٥١، ٩٥٢، ٩٥٣، ٩٥٤، ٩٥٥، ٩٥٦، ٩٥٧، ٩٥٨، ٩٥٩، ٩٦٠، ٩٦١، ٩٦٢، ٩٦٣، ٩٦٤، ٩٦٥، ٩٦٦، ٩٦٧، ٩٦٨، ٩٦٩، ٩٧٠، ٩٧١، ٩٧٢، ٩٧٣، ٩٧٤، ٩٧٥، ٩٧٦، ٩٧٧، ٩٧٨، ٩٧٩، ٩٨٠، ٩٨١، ٩٨٢، ٩٨٣، ٩٨٤، ٩٨٥، ٩٨٦، ٩٨٧، ٩٨٨، ٩٨٩، ٩٩٠، ٩٩١، ٩٩٢، ٩٩٣، ٩٩٤، ٩٩٥، ٩٩٦، ٩٩٧، ٩٩٨، ٩٩٩، ١٠٠٠، ١٠٠١، ١٠٠٢، ١٠٠٣، ١٠٠٤، ١٠٠٥، ١٠٠٦، ١٠٠٧، ١٠٠٨، ١٠٠٩، ١٠١٠، ١٠١١، ١٠١٢، ١٠١٣، ١٠١٤، ١٠١٥، ١٠١٦، ١٠١٧، ١٠١٨، ١٠١٩، ١٠٢٠، ١٠٢١، ١٠٢٢، ١٠٢٣، ١٠٢٤، ١٠٢٥، ١٠٢٦، ١٠٢٧، ١٠٢٨، ١٠٢٩، ١٠٣٠، ١٠٣١، ١٠٣٢، ١٠٣٣، ١٠٣٤، ١٠٣٥، ١٠٣٦، ١٠٣٧، ١٠٣٨، ١٠٣٩، ١٠٤٠، ١٠٤١، ١٠٤٢، ١٠٤٣، ١٠٤٤، ١٠٤٥، ١٠٤٦، ١٠٤٧، ١٠٤٨، ١٠٤٩، ١٠٥٠، ١٠٥١، ١٠٥٢، ١٠٥٣، ١٠٥٤، ١٠٥٥، ١٠٥٦، ١٠٥٧، ١٠٥٨، ١٠٥٩، ١٠٦٠، ١٠٦١، ١٠٦٢، ١٠٦٣، ١٠٦٤، ١٠٦٥، ١٠٦٦، ١٠٦٧، ١٠٦٨، ١٠٦٩، ١٠٧٠، ١٠٧١، ١٠٧٢، ١٠٧٣، ١٠٧٤، ١٠٧٥، ١٠٧٦، ١٠٧٧، ١٠٧٨، ١٠٧٩، ١٠٨٠، ١٠٨١، ١٠٨٢، ١٠٨٣، ١٠٨٤، ١٠٨٥، ١٠٨٦، ١٠٨٧، ١٠٨٨، ١٠٨٩، ١٠٩٠، ١٠٩١، ١٠٩٢، ١٠٩٣، ١٠٩٤، ١٠٩٥، ١٠٩٦، ١٠٩٧، ١٠٩٨، ١٠٩٩، ١١٠٠، ١١٠١، ١١٠٢، ١١٠٣، ١١٠٤، ١١٠٥، ١١٠٦، ١١٠٧، ١١٠٨، ١١٠٩، ١١١٠، ١١١١، ١١١٢، ١١١٣، ١١١٤، ١١١٥، ١١١٦، ١١١٧، ١١١٨، ١١١٩، ١١٢٠، ١١٢١، ١١٢٢، ١١٢٣، ١١٢٤، ١١٢٥، ١١٢٦، ١١٢٧، ١١٢٨، ١١٢٩، ١١٣٠، ١١٣١، ١١٣٢، ١١٣٣، ١١٣٤، ١١٣٥، ١١٣٦، ١١٣٧، ١١٣٨، ١١٣٩، ١١٤٠، ١١٤١، ١١٤٢، ١١٤٣، ١١٤٤، ١١٤٥، ١١٤٦، ١١٤٧، ١١٤٨، ١١٤٩، ١١٥٠، ١١٥١، ١١٥٢، ١١٥٣، ١١٥٤، ١١٥٥، ١١٥٦، ١١٥٧، ١١٥٨، ١١٥٩، ١١٦٠، ١١٦١، ١١٦٢، ١١٦٣، ١١٦٤، ١١٦٥، ١١٦٦، ١١٦٧، ١١٦٨، ١١٦٩، ١١٧٠، ١١٧١، ١١٧٢، ١١٧٣، ١١٧٤، ١١٧٥، ١١٧٦، ١١٧٧، ١١٧٨، ١١٧٩، ١١٨٠، ١١٨١، ١١٨٢، ١١٨٣، ١١٨٤، ١١٨٥، ١١٨٦، ١١٨٧، ١١٨٨، ١١٨٩، ١١٩٠، ١١٩١، ١١٩٢، ١١٩٣، ١١٩٤، ١١٩٥، ١١٩٦، ١١٩٧، ١١٩٨، ١١٩٩، ١٢٠٠، ١٢٠١، ١٢٠٢، ١٢٠٣، ١٢٠٤، ١٢٠٥، ١٢٠٦، ١٢٠٧، ١٢٠٨، ١٢٠٩، ١٢١٠، ١٢١١، ١٢١٢، ١٢١٣، ١٢١٤، ١٢١٥، ١٢١٦، ١٢١٧، ١٢١٨، ١٢١٩، ١٢٢٠، ١٢٢١، ١٢٢٢، ١٢٢٣، ١٢٢٤، ١٢٢٥، ١٢٢٦، ١٢٢٧، ١٢٢٨، ١٢٢٩، ١٢٣٠، ١٢٣١، ١٢٣٢، ١٢٣٣، ١٢٣٤، ١٢٣٥، ١٢٣٦، ١٢٣٧، ١٢٣٨، ١٢٣٩، ١٢٤٠، ١٢٤١، ١٢٤٢، ١٢٤٣، ١٢٤٤، ١٢٤٥، ١٢٤٦، ١٢٤٧، ١٢٤٨، ١٢٤٩، ١٢٥٠، ١٢٥١، ١٢٥٢، ١٢٥٣، ١٢٥٤، ١٢٥٥، ١٢٥٦، ١٢٥٧، ١٢٥٨، ١٢٥٩، ١٢٦٠، ١٢٦١، ١٢٦٢، ١٢٦٣، ١٢٦٤، ١٢٦٥، ١٢٦٦، ١٢٦٧، ١٢٦٨، ١٢٦٩، ١٢٧٠، ١٢٧١، ١٢٧٢، ١٢٧٣، ١٢٧٤، ١٢٧٥، ١٢٧٦، ١٢٧٧، ١٢٧٨، ١٢٧٩، ١٢٨٠، ١٢٨١، ١٢٨٢، ١٢٨٣، ١٢٨٤، ١٢٨٥، ١٢٨٦، ١٢٨٧، ١٢٨٨، ١٢٨٩، ١٢٩٠، ١٢٩١، ١٢٩٢، ١٢٩٣، ١٢٩٤، ١٢٩٥، ١٢٩٦، ١٢٩٧، ١٢٩٨، ١٢٩٩، ١٣٠٠، ١٣٠١، ١٣٠٢، ١٣٠٣، ١٣٠٤، ١٣٠٥، ١٣٠٦، ١٣٠٧، ١٣٠٨، ١٣٠٩، ١٣١٠، ١٣١١، ١٣١٢، ١٣١٣، ١٣١٤، ١٣١٥، ١٣١٦، ١٣١٧، ١٣١٨، ١٣١٩، ١٣٢٠، ١٣٢١، ١٣٢٢، ١٣٢٣، ١٣٢٤، ١٣٢٥، ١٣٢٦، ١٣٢٧، ١٣٢٨، ١٣٢٩، ١٣٣٠، ١٣٣١، ١٣٣٢، ١٣٣٣، ١٣٣٤، ١٣٣٥، ١٣٣٦، ١٣٣٧، ١٣٣٨، ١٣٣٩، ١٣٤٠، ١٣٤١، ١٣٤٢، ١٣٤٣، ١٣٤٤، ١٣٤٥، ١٣٤٦، ١٣٤٧، ١٣٤٨، ١٣٤٩، ١٣٥٠، ١٣٥١، ١٣٥٢، ١٣٥٣، ١٣٥٤، ١٣٥٥، ١٣٥٦، ١٣٥٧، ١٣٥٨، ١٣٥٩، ١٣٦٠، ١٣٦١، ١٣٦٢، ١٣٦٣، ١٣٦٤، ١٣٦٥، ١٣٦٦، ١٣٦٧، ١٣٦٨، ١٣٦٩، ١٣٧٠، ١٣٧١، ١٣٧٢، ١٣٧٣، ١٣٧٤، ١٣٧٥، ١٣٧٦، ١٣٧٧، ١٣٧٨، ١٣٧٩، ١٣٨٠، ١٣٨١، ١٣٨٢، ١٣٨٣، ١٣٨٤، ١٣٨٥، ١٣٨٦، ١٣٨٧، ١٣٨٨، ١٣٨٩، ١٣٩٠، ١٣٩١، ١٣٩٢، ١٣

من هنا كان مجال تطبيق التحليل الهندسي عند إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة، تمثيلاً لا حصراً، استخراج المسائل وليس البرهان على النظريات، في المقام الأول. لذلك أراد إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة أن يبين أن أكثر من رسم منهجاً للدارسين في استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمر المحتاج إليه في استخراج المسائل الهندسية، ولم يأت بجميع المسائل الهندسية. بعبارة أخرى، هناك مسائل كثيرة تواجه الباحث المعاصر في ظاهرة نشوء العلم العربي وتطوره. وهي مسائل تكتنف إجاباتها عدة مسائل منهجية سواء بالنسبة إلى ظاهرة العلم العربي أم بالنسبة إلى اللحظة التاريخية الراهنة. بعبارة أخرى، قالوا : كل علم من العلوم لا بد فيه من أمور ثلاث : الموضوع، والمسائل، والمبادئ ، وهذا القول بناه بعض القدماء العرب على المساحة، فإن حقيقة كل علم مسأله، وعد الموضوع والمبادئ من الأجزاء، إنما هو لشدة اتصالهما بالمسائل التي هي المقصودة في العلم. وأهم المسائل في تاريخ العلوم هي مسألة الريادة التاريخية.

I-١- مفهوم الريادة في العلم

اختتم مصطفى نظيف محاضراته التذكارية الأولى عن الحسن ابن الهيثم عام ١٩٣٩ بمدرج الطبيعة بكلية الهندسة قائلاً إنه : " يأتي على العلم حين من الدهر ، يكون العلم أحوج ما يكون إلى " رائد " يلهم بنواحيه وجزئياته تفصيلاً ، ويدرك إدراكاً صحيحاً مواضع الضعف فيه وثغرات النقص في حدود ومبادئه ، فيشرف عليه من عل ، ويصلح العيب ، ويتم النقص ، ويثبت الصحيح، ويحذف الباطل ، ويؤلف الوحدة التي تجمع بين الأشتات ، وتزول معها الشبهات ، فيكون الخلق لعلم بعد أن لم يكن ، أو النشأة الجديدة غير النشأة الأولى. لعلم موجود . وقد كان نيوتن " رائد " علم الميكانيكا في القرن السابع عشر ، وكان ابن الهيثم في نظري " رائد " علم الضوء في أوائل القرن الحادي عشر. وما أحوج علم الطبيعة الحديث إلى " رائد " من هذا الطراز!"^(١)

قد يبدو من المثير للدهشة أن يلجأ عالم طبيعة من طراز مصطفى نظيف إلى منهجية الريادة في تاريخ العلوم على حين هي ليست منهجية طبيعية ولا منهجية هندسية إنما هي منهجية دينية من جهة مصدرها الأصلي. ففي الكتاب المقدس^(٢)، تقول الآية : "حيث دخل يسوع كسابق لأجلنا صائراً على رتبة ملكي صادق رئيس كهنة إلى الأبد."؛ "هذا جاء للشهادة ليشهد للنور لكي يؤمن الكل بواسطته، لم يكن هو النور بل ليشهد للنور."^(٣) وقد علق المفكر الفرنسي جاك بنين بوسويه (1627-1704) BOSSUET في القرن السابع عشر الأوربي على هذا المدلول الديني للسبق، من منظور ديني-لاهوتي، وعلق الفيلسوف الدنمركي سورن كيركجارد (1813-1855) Soren KIERKEGAARD بدوره على البعد الديني في السابق، في القرن التاسع عشر، من منظور ديني وجودي.

فى ضوء هذا المعنى، يبدو رشدى راشد وكأنه يحارب على جبهتين : الجبهة العربية، والجبهة الغربية.

١-١- الإستمولوجيا التكوينية

و أما عن الجبهة العربية فنضرب مثلا بما قاله المفكر الجزائري محمد أركون، أستاذ الفكر الإسلامى والإسلاميات بعامة وأستاذ كرسى الفكر الإسلامى بجامعة السوربون ورئيس شعبة الدراسات العربية-الإسلامية بجامعة السوربون الجديدة بباريس بفرنسا. قال محمد أركون إن الإنتاج الثقافى العربى المعاصر يغيب عنه النظر الاستمولوجى : "هناك إنتاجات، بالطبع، من مستويات عدة ولكن النظر الاستمولوجى يقوم بالذات على النظر إلى الائتلاف فى مختلف النشاطات التى يبلورها الفكر فى ثقافة ما، وفى فترة ما؛ هذا البحث عن الائتلاف والمراقبة لمختلف أنواع الخطاب العلمى التى أنتجها الفكر العربى المعاصر غير موجود ومن ثم لا نستطيع قول شيء عن الاستمولوجية العربية الكلاسيكية وبالمقدار نفسه لا نستطيع الحديث عن إستمولوجيا للفكر العربى المعاصر {...} وبالمقابل فإن هناك انقطاعا، كأن تجد عربيا حقق تقدما أو سبقا فى ميدان الفيزياء، مثلا، أو ميدان السوسيولوجيا. إنها نشاطات متقطعة {...} فى حين لا يوجد شيء من هذا فى ممارسة الفكر العربى المعاصر، وما نجده مهيمنا هو خطاب من الطراز الأيديولوجي، السياسى القتالي." (٤) وقال محمد عابد الجابرى من جانبه بشأن الرياضيات العربية : "عرف العرب رياضيات الإغريق وحساب الهند، ولكن معرفتنا نحن بما عرفوه ما تزال ناقصة. ولذلك لن يكون فى إمكاننا تقديم صورة واضحة بقدر كاف عن المعرفة الرياضية، ونوعية التفكير الرياضى عند العرب" (٥) مع ذلك تلتقى منهجية محمد عابد الجابرى ورشدى راشد فى نقطة البحث عن التكوين *CONSTITUTION*. فمحمد عابد الجابرى يبحث فى "ضبط" *REGULATIV* العقل العربى (٦). يبحث رشدى راشد فى إتمام معرفتنا "بتكوين" *CONSTITUTIV* الرياضيات العربية الكلاسيكية. والفرق أن محمد عابد الجابرى يبحث فى العقل العربى المكوّن أو السائد بينما يبحث رشدى راشد فى الرياضيات المكوّنة أو الفاعلة. بعبارة أخرى، يبحث محمد عابد الجابرى فى جملة المبادئ والقواعد التى تقدمها الثقافة العربية للمنتمين إليها كأساس لاكتساب المعرفة، على حين يبحث رشدى راشد فى النشاط الرياضى العربى فى الفترة الكلاسيكية.

بحث رشدى راشد عن التأسيس للموضوعية التاريخية للرياضيات العربية وحددها وعين شروطها. فالمبادئ التكوينية هى تلك المبادئ التى تحدد الموضوع بوصفه تكون *BESCHAFFEN*. ويحيل رشدى راشد إذن إلى استعمال القواعد لا إلى جملة القواعد والمبادئ التى تتعلق بالثقافة العربية بوجه عام وبالنظام المعرفى العربى. درس رشدى راشد المعرفة العلمية العربية كعملية وكنشأة ونمو وتطور. وهى الدراسة التى لم يقم بها الطرح التقليدى لمسألة المعرفة العلمية، بل انصرف الطرح التقليدى عن دراسة التطور الفعلى

للمعارف العلمية. وهكذا فما تعلق بتعدد الوقائع، وتنوع خصائص العلوم، وأزماتها التي رجت نظرياتها الأساسية، واكتشافاتها التي أسست لتوسعها النظري، والثورات التي أعادت لها الحياة، والبحوث التي أسست لاستمرارها في الحياة، كل ذلك كان غائبا عن الطرح التقليدي للمعرفة العلمية. وقد غاب ذلك كله نتيجة الاعتقاد في وحدة العلم، وفي سيره المتصل، وفي طبيعة العلم التجريبي، وفي تحديد موضوع تاريخ العلوم من حيث هو تاريخ للمناهج والنتائج، على حين يتمثل مشروع رشدى راشد في استعراض مجموعة الأعمال في اللغة العربية التي يصدق عليها الرياضيات الكلاسيكية الأوروبية الحديثة. وهو مشروع أقرب إلى مشروع توليو جريجورى عن "تكوين العقل الكلاسيكي".^(٧)

أ- دور العلماء العرب

هناك إذن العقبة التي تتمثل في قول بعض المستشرقين وبعض الباحثين العرب المغتربين عن الشرق وحضارته، وهي إنكار أى دور ريادى للعلماء العرب في تاريخ العلوم. وهناك الموقف العكسى الذى لا يقل خطورة عن الموقف السابق ألا وهو موقف الرد عند بعض الباحثين العرب الآخرين. وهو الإدعاء بأن علماء العرب قد أجابوا عن الأسئلة كلها وحلوا المشكلات كلها. لا يقل موقف بعض العرب رد إنجازات العلم الكلاسيكى إلى الأسلاف العرب خطورة عن أيديولوجية غريبة العلم. فهو موقف يلغى التاريخ ويلغى تاريخية العلم نفسه : "إن التاريخ بالبحث عن سابقين هو أكبر دليل على عدم القدرة على تحليل البنية المعرفية للمفاهيم التي يؤرخ لها"^(٨) ؛ "لن يجرو عاقل على القول بالرجوع إلى التراث للبحث عن المشكلات العلمية وأجوبتها، فالمشكلات التي عرضها ثابت بن قرة، أو ابن سهل أو ابن الهيثم، قد ولى زمنها وحلت، وحل مكانها مشكلات أخرى أشد تعقيدا. ولن يقدم امرؤ متزن على أن يحثنا على الرجوع إلى التراث أيضا لكى نجد حلول المسائل المعاصرة"^(٩).

في المقابل، هناك عقبة عكسية تعترض مشروع رشدى راشد. وهى تتلخص فى السؤال التالى: هل يعيد رشدى راشد كتابة كتاب *DUTENS* عن الأبحاث حول أصل الكشوف المنسوبة إلى المحدثين (١٧٧٦)؟ هل يعيد تعريب العلم المنسوب إلى العلماء الغربيين؟ فهو ينقد، تمثيلا لا حصرا، نسب عمل الكرجى والسموأل حول البنية الجبرية للأعداد الحقيقية إلى الرياضيين المتأخرين أمثال نقولا شوقيه *CHUQUET* وستيفل *STIFEL*^(١٠). ونقولا شوقيه، كما هو معروف، هو رياضى فرنسى أشتهر فى النصف الثانى من القرن الخامس عشر الميلادى، وألف كتابا وحيدا، فى عام ١٤٨٤، بقى على صورة مخطوطة، إلى أن نشر عام ١٨٨٥. فهل معركة رشدى راشد هى معركة من النوع نفسه الذى سبق أن قام بين جوزيف برتران ون. هـ. آبل، حول الكشف عن الوظائف الإهليلجية عام ١٨٢٧، تمثيلا لا حصرا؟

هناك طريقة رنية ديكارت *R. DESCARTES* فى الجواب وهناك طريقة أخرى. وليس من شك فى أن جواب رشدى راشد يختلف اختلافا جذريا عن الطريقة الديكارتية فى الجواب. وأما الجواب بالطريقة الديكارتية فهو يقوم على تأسيس المعرفة الجديدة على قطع الصلة بما كان يملأ الساحة تماما. وفى سياق كلامنا إنما هو القول بأنه حين كتب دوتنس *DUTENS* يقول عن الأبحاث حول أصل الكشوف المنسوبة إلى المحدثين (١٧٧٦) إن أبقراط عرف الدورة الدموية وإن نظام كوبرنيكوس يرجع إلى القدماء، فهو نسي ما يدين به هارفى *HARVEY* إلى تشريح النهضة وإلى استعمال النماذج الميكانيكية كما نسي أن تفرد كوبرنيكوس كمن فى الإمكان الرياضى للحركة الأرضية. كذلك نسي دوتنس *DUTENS* ومن اهتدى بهداه فى سياق رد إنجاز مندل إلى الرواد أمثال ريومور وموبرتويس، أن المشكلة التى صاغها مندل كانت تتعلق به من دون غيره وأنه حل هذه المشكلة بابتكار تصور بلا سابق : تصور الصفة الوراثية المستقلة. إذن، غالبا ما يغيب نظام التصورات والمبادئ عن الرواد. ويختلف ابتداء المجال الجديد عن الانقسام الكلاسيكى للأنواع كما يختلف عن التعبير والاختتام.

ب- عودة إلى الريادة والرائد

لكن يضع تصور الريادة مدلول تاريخ العلوم فى موضع الإشكال. الريادة ليست مصطلحا إنما هى من إبداع التاريخ. كذلك تحيل الريادة، تاريخيا، إلى نوع معين من أنواع الخطاب التى تحاول أن تقدم صورة تسقط الصفة الموضوعية والعلمية على التاريخ نفسه. الرائد ليس السابق. لأن السابق هو السابق البسيط فى أثناء البحث. السابق هو القبل الذى يترك مسؤوليته أو مكانه لشخص آخر ضمن علاقة من التوالى أو التتالى الزمنى ومن دون حكم-قيمة سابق. أما الرائد فهو يحمل القيمة ويحدث انقطاعا فى مجرى البحث والتاريخ.

كذلك من الضرورى أن نفرق بين الرائد والمخترع. فالرائد يقع فى موضع ملتبس من مواضع التباس الاختراع من دون أن يكون قد اخترع فهو أكثر من المخترع : إنه يبشر. وهو كذلك أقل من المخترع بمعنى أن المخترع يتجاوزه. هناك إذن التباس تام فى العلاقة بين المخترع والرائد فضلا عن التفسير التام الغائى للتاريخ الذى ينطوى على درجة من درجات أيديولوجيا التاريخ. كان يوحنا المعمدان يتقدم الجميع بوصفه شاهدا على الضوء. كان الرائد يحاول أن يضئ تاريخا معتما. ودوره لا يمكن إلا أن يكون شعريا أو مجازيا. لذلك قال الشاعر الفرنسى المعاصر شارل بودلير *CH. BAUDELAIRE (1821-1871)* فى ديوانه عن " المنارات " : فلنحذر من فكرة الريادة.

فى ضوء نقده لمسلمة السبق أو "فيرس الرائد" كما عبر كلارك *CLARK*، نقدر أن ندرك بعضا من معنى تاريخ العلوم عند جورج كونجيلام *GEORGES CANGUILHEM (1904-1995)*، أحد أبرز رموز فلسفة

العلوم وتاريخها الفرنسية في عصره ومدير معهد تاريخ العلوم بباريس بفرنسا الأسبق. يقول جورج كونجيلام: "و بما أن من واجب العالم أن يؤمن بموضوعية كشفه، فإنه يبحث عما إذا كان ما يفكر به لم يكن -من طريق المصادفة- قد جرى التفكير به من قبل. فهو حين يسعى إلى اعتماد كشفه في الماضي، فذلك يعود إلى عدم تمكنه اللحظي من فرضه في الحاضر، وإنما يخترع أسلافه المخترعين. من هنا أعاد هوجو دو فري *HUGO DE VRIES* كشف المندلية واكتشف مندل "*MENDEL*"^(١١). وأضاف جورج كونجيلام: "حقا يطلب من النظريات جميعها أن تقدم دلائل فعاليتها العملية. من هنا السؤال: ما الأثر العملي، في نظر مؤرخ العلوم، لنظرية تنزع إلى الاعتراف بعلم مستقل يمثل المجال الذي تدرس فيه المشكلات النظرية التي تولدها الممارسة العملية؟ إن إحدى النتائج العلمية الأهم هي القضاء على ما أسماه ج.ت.كلارك باسم "فيرس الرائد". وقد نذهب إلى أبعد من ذلك: إذا كان هناك رواد فإن تاريخ العلوم يفقد معناه. لأن العلم لا ينطوى عندئذ على بعد تاريخي إلا ظاهريا. وإذا كان هناك، في العصر القديم، في عصر العالم المتناهي، من استطاع في علم الفلك أن يكون مفكرا من عصر الكون اللامتناهي، فإن دراسة تاريخ العلوم والأفكار مثل دراسة ألكسندر كويريه تصبح محالة."^(١٢).

و الفكرة التي صاغها رشدي راشد عن تاريخ العلوم والتي تجسمت في مؤلفاته، عدلت من موضع "الثورة الفلكية، كوبرنيكوس، كبلر، بوريللي" (١٩٦١) عند الفيلسوف الفرنسي الروسي الأصل ألكسندر كويريه A. *KOYRE (1892-1964)*، في ضوء الفلك العربي. وكما يبحث رشدي راشد في جدل النشاط العقلي- الرياضي، كان ألكسندر كويريه يبحث في اتصال الوظيفة العقلية. وعلى حين يبحث رشدي راشد في تاريخ الرياضيات، كان مجال بحث جاستون بشلارد وألكسندر كويريه دراسة العلاقة بين تاريخ الرياضيات والفيزياء بوجه خاص. مع ذلك يرى رشدي راشد كما كان يرى ألكسندر كويريه أن العلم نظرية، وأن النظرية في جوهرها تريبيض، مما يفترض القول الضمني بأولية الرياضيات على العلوم كافة.

من جهة أخرى، حدد جورج كونجيلام معنى الرائد قائلا إن: "الرائد هو ذلك المفكر، الباحث الذي قطع في الماضي شوطا من طريق أكمله باحث آخر في وقت لاحق. إن التسلي بالبحث عن رواد والاحتفاء بهم هو العارض الأوضح للعجز عن النقد الاستمولوجي. فقبل أن نصل بين شوطين من الطريق نفسه من المستحسن ألا التأكد من أن الطريق حقا واحدة. وفي معرفة متسقة يتصل التصور الواحد بالتصورات الأخرى كلها. فحين افترض أريستارخوس من أهل ساموس *ARISTARQUE DE SAMOS* مركزية الشمس، لم يكن قد سبق كوبرنيكوس وإن كان كوبرنيكوس قد اعتمد أريستارخوس من أهل ساموس *ARISTARQUE DE SAMOS*. إن تغيير المركز المرجعي للحركات السماوية، قد دل على نسبة الأعلى والأسفل، أي أنه قد دل على تغيير أبعاد الكون، وبايجاز، فإن ذلك عني تكوين منظومة. من هنا أخذ كوبرنيكوس على متقدميه بأن

النظريات الفلكية السابقة على نظريته لم تتكون في منظومات عقلية. وبالتالي فإن الرائد هو ذلك المفكر الذى يعتقد به المؤرخ أن بإمكانه أن يخرج من إطاره الثقافى ويدخل إلى إطار آخر، مما يعنى النظر فى التصورات والخطابات والحركات النظرية أو التجريبية بوصفها تقدر أن تنتقل وتعود إلى التوضع فى مجال فكرى حيث يتم ارتداد العلاقات من خلال إغفال الجانب التاريخى للموضوع محل البحث. من هنا كم من الرواد قد تم البحث عنهم للنظرية التحويلية الداروينية عند الدهريين أو الفلاسفة أو صحفى القرن الثامن عشر! (١٣).

و انتقد ميشيل فوكو (*M. Foucault (1926-1984)*، أحد تلاميذ جورج كونجيام البارزين، تلك المحاولات الريادية فى كتابه-العمدة "الأشياء والكلمات" (١٤). فقد كان هدف ميشيل فوكو الجوهرى هو دراسة "انقطاعات" المعرفة فى التاريخ. والمعرفة هى مجال التاريخ، وتعرض للعلوم لكنها تتحرر من النشاط التكويني. وأما رشدى راشد فيبحث فى الفترة العربية للرياضيات الكلاسيكية الغربية الحديثة. وأما رشدى راشد وميشيل فوكو معا، فيحرران المعرفة من الإحالة إلى الأصل والغاية التاريخية المتعالية. وانتقد ألكسندر كويريه وجاستون بشارد (*G. Bachelard (1884-1962)*) (١٥)، المحاولات الريادية نفسها. وذلك مع أن بشارد يعد، تمثيلا لا حصرا، مخترع نزعة التقريب وبالتالي التدرج فى المعرفة العلمية.

يحل البحث عن الريادة الترابط المنطقى محل الزمن التاريخى ويخترع العلاقات الحقيقية-المنطقية. ويعنى البحث عن الريادة، الخلط بين العلم وتاريخ العلم، بين موضوع العلم وموضوع تاريخ العلم. إن تصور الرائد بالنسبة إلى مؤرخ العلوم هو تصور يضر بتاريخ العلوم. فتاريخ العلوم إنما هو يصدر عن الفكر، بوصفه تاريخا للمسائل وحلولها. يقبل تاريخ العلوم الانقطاعات الاستمولوجية والتحويلات فى المنظور والتغيرات فى وجهات النظر. من هنا استغنت الاستمولوجيا المعاصرة فى الغرب عن تصور الريادة فى مجال تاريخ العلوم. وقد ظل موضوع الريادة معلقا. وآثر رشدى راشد البحث عن شروط إمكان ظهور التصورات العلمية ونهايتها. نصل هنا إلى الخيار المنهجى الآخر فى دراسة رشدى راشد لتاريخ العلوم. خاصية العبقرى الأولى هى الأصالة. فالعبرى ينتج ما لا يقبل الخضوع للقواعد واللوائح والضوابط والمقررات. وحين تحدد قاعدة من تلك القواعد عملا من الأعمال فإن ذلك العمل لا يكون عملا جميلا إنما يكون عملا تقنيا ماهرا. ومن ثم فالعبرية ليست اليسر فى التعلم، وليس بالإمكان أن يصبح المرء عبقرى بالجهد والكد والعمل والعرق، إنما يولد المرء عبقرى ولا يصيح عبقرى. وليس من شك فى أن الفنان العبقرى عليه أن يتعلم، وأن يمهر فى عمله، لكن ذلك لا يمثل عملا عبقرىا. بهذا المعنى يكون العبقرى يستنبط ما هو جديد. فالعبرية لا تمنح إلا للموهوب. تقوم العبقرية الفنية بنفسها وليس من خلال المحاكاة أو التعليم، بل لا تماثل أية عبقرية أخرى، وما

تبدعه العبقرية إنما هو بلا سابق وبلا مثال. وعمل الفنان العبقرى الأصل عائد إلى العبقرية الفنية الأصيلة. والعبقرى بلا أستاذ. لأن الأستاذ لا ينقل إلا القواعد التقنية، لكن الأستاذ قد يوقظ العبقرية عند الطالب.

ويبدو أن المنهجية الاستمولوجية المعاصرة اتجهت باتجاه الخلاص من عالم الأصول ومن عالم النسخ في آن واحد. فقد كان الفهم التقليدى لتاريخ العلوم يستند إلى الفرق المطلق بين الأصل وصوره، بين الشيء وصوره، بين الأصل والدخيل، بين الخالص والهجين، بين النموذج والزائف، بين الحقيقة والوهم، بين المعقول والمحسوس، بين المثال والتطبيق. وواقع الأمر أن هذه التعابير لا تتساوى. من هنا امتنع مؤرخ العلوم عن استكشاف مجال التمثيل-مجال النسخ/الأيقونات التى تتصل اتصالاً وثيقاً بالأصل والنموذج والأساس.

و من هنا اختفت مسألة الأصل فى المنهجيات الاستمولوجية المعاصرة. لم تعد هناك من حاجة لإحالة العلم إلى ذات مفكرة، ولا إرجاعه إلى ذات تتعالى على شروطها وإمكانها، أو اعتبار العلم من إبداع من أنا يتلفظ به للمرة الأولى أو يستعيده أو يعكس روح العصر. إن مؤرخ العلوم يقصى تصورات كالأصل، والعودة إلى الأصل، ليضع مكانها العلم كذكرى، تحتفظ بذاتها داخل فضائها. ولما كان تاريخ العلوم عند رشدى راشد لا يعبر عن النفس الإنسانية، ولا يصور ما يدور فيها من مشاعر وانفعالات ، كان من الطبيعى أن يمتنع عن الدراسات النفسية فى فهم العمل التاريخى حول العلوم. لكنه فسر هذه الأعمال من وجهة النظر البنيوية-الظاهرية ، وأدرك العمل العلمى نفسه، بعدما كان الأمر يقتصر، فى تاريخ العلوم، على الكشف عن أسرار الأصالة والعبقرية والموهبة والإبداع العلمى، وبدأ الاهتمام بذلك البحث عن المدلول الموضوعى للعمل العلمى بوصفه فرعاً من فروع العلم الوضعى. وفى الجانب الآخر ظهر من مؤرخى العلم من ولوا وجوههم شطر "علم النفس العلمى" يحاولون استغلال نظرياته، وتطبيق تجاربه على الأعمال العلمية يستخرجون منها مدلولاتها النفسية على شخصيات العلماء، ويرفعون الحجب عما عليه من علامات لما يدور فى أعماق النفس الإنسانية من مكبوتات غير شعورية وعقد النقص والتفوق ، وما إلى ذلك مما يقف عنده أصحاب الدراسات النفسية ويديرون حوله بحوثهم، من أجل رسم "صورة حياة" لهذه الشخصيات. أما رشدى راشد فقد امتنع عن الكلام النفسى على الأصالة فى تاريخ العلوم.

تقع الأصالة فى تاريخ العلوم من جهة كون العلم "صناعة". فمن ينتج عملاً أصيلاً ومثالياً هو العالم العبقرى من جهة كونه فناناً "صناعياً". وقد يساعد الإنتاج على تمييز الفنان العبقرى، مع أن ميشيل فوكو قال إن المجنون لا ينتج عملاً. لكن ليس من شك، كما قال عمانوئيل كانط فى كتاب "الأنثروبولوجيا من وجهة نظر براغماتية"^(١٦) ، وكتاب "ما الاتجاه الذاتى نحو التفكير؟"^(١٧) فى العبقرية فى الفن. لكن العبقرية الفنية تقع

فى متن العلم نفسه لا خارجه كما ادعى البعض. كان تحديد حدة التعارض التقليدى بين العلم والفن من صنع جملة التيارات الفكرية التى شهدتها الحقبة العربية. وثمة حدث مثير أشار إليه رشدى راشد وهو أن الفقهاء المسلمين والمتكلمين والعلماء على اختلاف تياراتهم وميولهم بل والفلاسفة المتأثرين بالتراث اليوناني، مثل الكندي أو الفارابي، قد اسهموا جميعاً بطريقة أو أخرى فى تضيق الشقة التقليدية التى كانت تفصل بين العلم والفن. فإن هذه العلاقة الجديدة بين العلم والفن أزالت العقبات التى كانت تقف حائلاً دون صياغة قواعد الفن وأدواته فى موضوعات العلم بل كان إيداناً للمعارف بأن تعتبر معارف علمية من دون أن تطابق النموذج الأرسطى أو النموذج الإقليدي.

و رفع هذا التصور الجديد لمكانة العلم إلى مرتبة المعرفة العلمية تلك الفروع التى كانت تدرج بصورة تقليدية فى مجال الفن، ومنها على سبيل المثال الخيمياء (الكيمياء القديمة) - ولا سيما بالمعنى الذى دل عليه الرازى - والطب وعلم العقاقير والموسيقى وعلم المعاجم. غير أن هذا التصور الجديد للعلاقات بين العلم والفن وسع من نطاق البحث التجريبي. وأدى إلى فكرة غامضة عن التجريب. وتعددت الأساليب التجريبية واستخدمت استخداماً منتظماً فى عمليات تجريبية منها تصانيف علماء النبات واللغويين، تمثيلاً لا حصراً، وفى التجارب التى كان يجريها الأطباء وعلماء الخيمياء للتحقق من صحة نتائجهم، وفى الملاحظات السريرية والتشخيصات المقارنة التى كان يقوم بها الأطباء. غير أنه كان من الضروري أن تقوم علاقات جديدة بين الرياضيات والطبيعة قبل أن يكتسب مفهوم التجريب الغامض، البعد الذى يحدد معالمه أى يضعه فى موضع العنصر المنتظم من عناصر البرهان. ظهر هذا البعد الجديد أساسياً فى بصريات الحسن بن الهيثم. وقضى ابن الهيثم نهائياً على الفكرة التى كانت تعتبر البصريات هندسة للأبصار أو الضوء. وكان التجريب أو الاعتبار هو إحدى مقولات البرهان. وأخذ خلفاء ابن الهيثم، مثل كمال الدين الفارسي، بالمعايير التجريبية فى بحوثهم البصرية ومنها بحوث قوس قزح.

و تبين لرشدى راشد أن مصطلح الاعتبار ومشتقاته - الاعتبار، يعتبر، المعتبر - لدى ابن الهيثم، تنتمى إلى عدة نظم مترابطة قد لا يصلح التحليل اللغوى وحده للتمييز بينها. وتبين رشدى راشد عدة أنماط من العلاقات بين الرياضيات والطبيعة تتيح تمييز وظائف مناظرة لها تسند إلى مفهوم الاعتبار. فالعلاقات بين الرياضيات والطبيعة تقوم على نماذج متعددة لم يصنفها ابن الهيثم ولكنها مع ذلك ترد فى أعماله على نحو يمكن من تحليلها.

أما فى البصريات الهندسية التى كان إصلاحها على يد ابن الهيثم نفسه، فالعلاقة الوحيدة التى تقيمها بين الرياضيات والطبيعة عبارة عن تشاكل تقابلي بنيوي *Hisomorphisme de stucture* . وقد استطاع ابن

الهيثم بفضل تعريفه للشعاع الضوئي خاصة أن يتصور ظواهر امتداد الضوء بما في ذلك ظاهرة الانتشار الهامة بحيث تتفق هذه الظواهر تمام الاتفاق مع الهندسة. ثم ابتكر عدة تجارب ليتأكد على الصعيد التقني من صحة قضايا سبق التحقق منها لغويا من خلال الهندسة. مثال ذلك التجارب التي كانت تستهدف اختبار قوانين البصريات الهندسية وقواعدها. وأثبت رشدي راشد، من خلال تحقيق مخطوطات جديدة لابن الهيثم، أثبت رشدي راشد حقيقتين مهمتين بنحو خاص : أولا هما أن بعض تجارب ابن الهيثم لم ترم إلى التحقق من قضايا كيفية وحسب وإنما إلى الحصول على نتائج كمية. والحقيقة الثانية هي أن الأجهزة التي ابتدعها ابن الهيثم والتي اتسمت بالتنوع والتعدد بالقياس إلى عصره، لم تكن تقتصر على أجهزة الفلكيين.

وفي البصريات الطبيعية كشف رشدي راشد عن نمط آخر من العلاقات بين الرياضيات والطبيعة. ومن ثم كشف رشدي راشد عن معنى ثانٍ للتجريب. ومن دون أن يأخذ ابن الهيثم بنظرية ذرية فإنه أكد، في إطار ما كان يقتضيه إصلاحه للبصريات الهندسية، أن الضوء أو " أدق الأضواء " - على حد تعبيره - له وجود مادي ويقع خارج نطاق الإبصار. ويتحرك في زمن معين وتتغير سرعته بحسب الأوساط التي يتحرك فيها ويتخذ أسير الطرق وتقل شدته تبعا للمسافة التي تفصل بينه وبين مصدره. وتتدخل الرياضيات في هذه المرحلة من خلال أوجه الشبه القائمة بين الملامح العامة لحركة جسم ثقيل واللامح العامة للانعكاس والانكسار. ويعني ذلك أن الرياضيات أضافت إلى البصريات الطبيعية، من خلال الملامح العامة الديناميكية لحركة الأجسام الثقيلة. إن هذه الملامح قد سبق وضعها بطريقة رياضية. وهذا الوضع المسبق بطريقة رياضية لمفاهيم تنتمي إلى أحد مذاهب الطبيعة هو الذي أسس لنقلها إلى مستوى موقف تجريبي. ولئن كان هذا الموقف له طبيعة تقريبية جدا ولا يؤدي إلا وظيفة توضيحية أساسية، فإنه قد حدد مع ذلك مجالا لمفاهيم مترابطة من حيث التراكيب ولكنها غير محددة من حيث المعنى. مثال ذلك الوصف الذي وضعه ابن الهيثم لحركات المقذوفات والذي^٤ نذ به فيما بعد كل من كبلر ورنيه ديكرت.

و ميز رشدي راشد نمطا ثالثا من التجريب في بداية القرن الرابع عشر الميلادي عند كمال الدين الفارسي. وهو نمط لم يمارسه ابن الهيثم نفسه. ولكنه أصبح ممكنا بفضل ما أضافه ابن الهيثم من إصلاحات واكتشاف في البصريات. ففي هذه الحالة كانت العلاقات التي قامت بين الرياضيات والطبيعة ترمي إلى بناء نموذج وبالتالي إلى أن ترد بصورة منتظمة وبوساطة الهندسة امتداد الضوء في وسط طبيعي إلى امتداد بين الوسط الطبيعي إلى امتداده في شئ مصنوع. فالغرض إذن كان أن تحدد للامتداد بين الوسط الطبيعي والشئ مصنوع تقابلات قياسية ذات مكانة رياضية محققة. وقد اتخذ كرة زجاجية مملوءة بالماء نموذجا لشرح ظاهرة قوس قزح. فوظيفة التجريب في هذه الحالة هي تحقيق الشروط الفيزيائية لظاهرة لا يمكن دراستها لا مباشرة ولا بصورة كاملة.

إن أنماط التجريب الثلاثة التي درسها رشدي راشد لا تقتصر - مع الوظائف المختلفة التي تؤديها، وبخلاف الأرصاد الفلكية التقليدية- على كونها وسائل للاختيار وحسب وإنما تدفع إلى حيز الوجود بمفاهيم مترابطة من حيث التركيب. ففي الحالات الثلاث نجد العالم في وضع يسعى فيه إلى تحقيق موضوعه بنفسه فيزيائيا لكي يتمكن من صياغة أفكاره عنه. إنها بإيجاز وسيلة للتحقيق الفيزيائي لموضوع أولي لم يكن يتسنى تحقيقه من قبل. ففي مثل من أبسط أمثلة " الامتداد على السموت المستقيم " لا يتناول ابن الهيثم أى ثقب فى غرفة مظلمة وإنما يدرس ثقباً محددة تبعاً لنسب هندسية محددة لكي يحقق، بأدق ما يمكن، مفهومه للشعاع.

إن الإصلاح الذى أجراه ابن الهيثم ظل حياً من بعده. وظلت المعايير التجريبية من مقتضيات البرهان من ابن الهيثم إلى كبار ، ثم فى القرن السابع عشر الميلادى بعد ذلك. لم يسهم العلماء فى اللغة العربية فى تأسيس شتى فروع المعرفة وحسب بل شاركوا فى إرساء معايير هذه المعرفة، ولا سيما تلك المعايير التى تتميز بها الحداثة الكلاسيكية. ولم يسهم العلماء فى اللغة العربية فى تأسيس شتى فروع المعرفة وحسب بل شاركوا فى إرساء معايير هذه المعرفة، ولا سيما اقتران العبقرية الفنية بالعلم الذى تتميز به الحداثة الكلاسيكية.

ج- الكشف والاختراع

يمثل نشاط العبقرى، إذن، نشاطاً عقلياً وقد يمثل قوة عقلية. لكن الكلام على هذا النحو يقضى بالكلام الدقيق. لأن العبقرى يدقق فى نفسه، ويقارب الواقع بوعى تام، مما يعقد المسألة. فرق كانط بين الأصالة أو فن الاختراع والتجديد والإبداع، من جهة، وبين الاكتشاف من جهة أخرى. فالعبقرى لا يستعمل موهبته وحسب، فهذا الاستعمال يقتصر على المقدرة المكتسبة بالتدريب على تطبيق القواعد، أما العبقرى فيرفض القواعد ويجدد وينتج القاعدة النوعية الجديدة. كيف بالإمكان صياغة قاعدة جديدة؟ من ذاته نفسها. لكن إذا كان العبقرى يستخلص الأمر من ذاته، فكيف يؤسس شرعيته؟ فهو لا يقبل الإفصاح عنه ^(١٨) .

وفرّق كانط بين فعل الاختراع *ERFINDEN* وبين فعل الكشف *ENTDECKEN*. فالكشف هو الكشف عن شيء موجود سلفاً كوجود أمريكا، مثلاً، قبل مجيء كولومبوس، لكن اختراع البارود لم يكن موجوداً قبل أن يخترعه المخترع. وكان الرياضيون المسلمون قد فرقوا من قبل بين فعل الاختراع *ERFINDEN* وبين فعل الكشف *ENTDECKEN*. كانت البداية هى ترجمة كتاب "الأصول" لإقليدس إلى اللغة العربية. كان كتاب "الأصول" لإقليدس فى القرن التاسع الميلادى فى اللغة العربية نموذجاً يحتذى به الرياضيون فى الكتابة وفى البحث الرياضى معاً. فكتب الكندى فى منتصف القرن التاسع الميلادى كتابين حول إصلاح كتاب إقليدس وأغراض كتاب أقليدس. واهتم الجواهرى فى بحثه عن كتاب "الأصول" لإقليدس بمسألة المصادرة الخامسة.

ووضع الماهاني البراهين المباشرة مكان القياس بالخلف الوارد في كتاب "الأصول" لإقليدس. وأصلح ثابت ابن قرة ترجمة حنين ابن إسحاق لكتاب "الأصول" لإقليدس. وهكذا التفت الرياضيون-المهندسون، وعلماء الجبر، والفلاسفة، والمتقنون بوجه عام، وابن وهب بوجه خاص، إلى كتاب "الأصول" لإقليدس. وابن وهب هو الذي أثار مسألتى منهج المصادرات وفن الاختراع *ERFINDEN*، كما وردتا في كتاب "الأصول" لإقليدس. وقف ابن وهب على ما كتبه إقليدس في تأليف أشكال كتابه في "الأصول" وأقاوله ونظمه إياها ووجد الأصول غير مصنفة بحسب أجناسها، ولا مضمون كل واحد منها إلى ما يشاكلها. وقف إذن ابن وهب على "تصنيف" الأصول. وكانت ملاحظة ابن وهب أن إقليدس يتبع منهج المصادرات في بحثه، وهو منهج يصلح للمعرفة المكتسبة سلفاً، وهو منهج الكشف *ENTDECKEN* وهو الكشف عن شيء موجود سلفاً كوجود أمريكا، مثلاً، قبل مجيء كولومبوس، ولا يصلح هذا المنهج للمعرفة المجهولة، التي تقضى بالبحث في منهج الاختراع أو الابتكار *ERFINDEN*. وهما المسألتان اللتان أثارهما بعد ذلك بيار دو لا راميه، وأنطوان أرنو، وبيار نيقول، وغيرهم من علماء القرن السابع عشر الميلادي الغربيين. وسبق أن أشرنا إلى إصلاح ثابت ابن قرة ترجمة حنين ابن إسحاق لكتاب "الأصول" لإقليدس. من هنا استطاع ثابت ابن قرة أن يرد على رأى ابن وهب في "كتاب أبي الحسن ثابت بن قرة إلى ابن وهب في التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية". استعاد بن قرة، أولاً، مسألة عرض المصادرات في "الأصول"، ومسألة نظام الاختراع، واستهل تصنيفاً للتصورات الهندسية؛ ثم عرض بعض التمارين للاختراع.

د- عودة إلى العبقرية العلمية

و لا يبقى مجال تطبيق نموذج العبقرى محور الإبداع أو الكتابة الشعرية وحدها. فما وظيفة العبقرية فى العلم ؟ هل يدعى العبقرى التأسيس أو وضع الأسس ؟ هل أصالة هى مقياس العبقرية؟ يرفض العبقرى القواعد السائدة وينمرد عليها^(١٩). هذان السؤالان -سؤال الأصالة وسؤال الفرق بين تاريخ النظرية العلمية ومنطقها- يتداخلان فى الغالب، مما أسس لثوهم الجبر عند أفليدس، تمثيلاً لا حصراً، ونظرية المعلومات عند أرسطو، وغيرها من الأقوال المشابهة فى مجالات علمية أخرى. لكنه سؤال يتعلق بتاريخ العلم وبمدى معرفتنا بهذا التاريخ. ففى تاريخ العلوم عند العرب ، مازال الجواب على سؤالى : من المخترع؟ ماذا اخترع؟، قيد التحقيق والدرس.

بحث بول لوكى فى أعمال الرياضي، الكاشي، غياث الدين جمشيد (ت١٤٣٦-١٤٣٧). لكن رشدى راشد صحح بحثه وأثبت أن للسموأل المغربى وشرف الدين الطوسى الفضل الأكبر فى الاكتشافات المنسوبة إلى الكاشي. وهذا التصحيح ليس يثبت الخطأ المنطقى لدى لوكى وحسب بل هو يثبت الخطأ التاريخى فى تحليل

المسلمات. عين رشدی راشد المسلمات الضرورية من أجل البحث اللاحق في المسلمات، إذا جاز التعبير. إن الاتصال التاريخي ليس بالضرورة اتصالاً منطقيًا. إن التصويب التاريخي لمؤلف ما يعني أوليا تحليل الباحث لفهم بنيته المنطقية. إن دراسة نص للكرجی كجبري، تمثيلا لا حصرا، من دون فهم مساهمة الكرجی الجوهرية، يقضى بالبحث حول المسلمات مما يؤدي إلى إغفال جوهر إسهام الكرجي. إن البحث عن مسلمات جبر الكرجی يعني العودة إلى جبر الخوارزمي وإلى جبر أبي كامل. وإذا سلم الباحث أنه يعرف أسلاف الكرجی جميعا، فلن يمكنه أن يعرف أساس عمله ، أي البداية الجديدة للجبر الكلاسيكي بفضل ما أسماه رشدی راشد "حسنة الجبر". لذلك قطع رشدی راشد بين التكوين التاريخي، من جهة، والبنية المنطقية للنظريات العلمية، من جهة أخرى. إنه مؤرخ.

من هنا حقق رشدی راشد وحل النصوص والأعمال العربية والغربية التي تتزامن في الكشف العلمي، أي أنه وسع من النطاق الزمني للتجديد العلمي الحديث. وبرهن على :

- التشابه في صياغة المسائل نفسها عند العلماء الغربيين المحدثين والعلماء العرب القدامى؛
- التشابه في تحديد الهدف نفسه من البحث ؛
- التشابه الدلالي بين التصورات المحورية ونظام التصورات عند العلماء الغربيين المحدثين والعلماء العرب القدامى.

هـ - صياغة التصور الجديد لتاريخ العلم

من هنا قام مشروع رشدی راشد على حل مسائل أولية في تجديده لكتابة تاريخ الرياضيات العربية هي مشكلات صياغة التصور الجديد لتاريخ العلم الكلاسيكي بين القرن التاسع الميلادي والقرن السابع عشر الميلادي. هناك مشكلة محورية، إذن، هي التي قادت أعمال رشدی راشد كلها. وهي المشكلة التي تكونت من التناقض الواضح في الصورة التي تشكلت عن العلم العربي منذ القرن الثامن عشر في أوروبا والعالم. وهو التناقض بين النظر إلى العلماء في اللغة العربية نظرة حاملة التراث العلمي الهلينستي وبين النظر إلى العلماء أنفسهم نظرة مبدعى العلم الحديث. أدخل رشدی راشد تصورات عدة مغايرة لما كانت سائدة عند مؤرخي العلوم. وأعاد تعريف معنى العلم الكلاسيكي. من هنا برزت إلى الوجود الصيغ الممكنة لهذه المعادلة الجديدة في تاريخ العلوم العربية. فقد كان الفكر السائد قبل بحوث رشدی راشد هو القول بأن البحث في ميدان العدسات والانكسار، تمثيلا لا حصرا، من بنات أفكار علماء الغرب في القرن السابع عشر. فأعاد رشدی راشد تأريخ علم المناظر. ووضع أعمال ابن الهيثم في موضعها الجديد. ساعده ذلك على وضع الإسهام

العربي في ما سُمي في الأدبيات العلمية باسم "الثورة العلمية الأوروبية الحديثة" في موضعه الجديد. لكن ألا تمثل منهجية رشدی راشد الجديدة نفسها درجة من درجات "التجديد" المعرفي الأوروبي-العربي المعاصر؟ فهو لا يرفض مصطلح النهضة العلمية تمام الرفض. لأنه يستعمله في سياق الكلام على النهضة العلمية في عصر "الدولة العباسية"^(٢٠).

كانت هناك بلا شك نهضة أدبية وفنية ومعمارية في القرن السادس عشر الميلادي والسابع عشر الميلادي. لكن عصر النهضة، بحسب جورج سارتون، من قبل ما يقول رشدی راشد بالقول نفسه بعد ذلك، "لم يكن نهضة من وجهة النظر العلمية، فإن ذلك العصر الذي يتسم بطابع الإحياء الرائع -و هو ما تخفق قلوبنا لذكره سراعاً- كان عصراً ذهبياً بالنسبة للفنون والآداب، لكنه عصر يخيب تماماً آمال مؤرخ العلم الذي لم تفتأ التصاوير الجلييلة تنثير حبه للاستطلاع. ونحن إذا استثنينا الذروة غير العادية التي حدثت حول نهاية تلك الفترة في عام ١٥٤٣، كان عصر النهضة مجرد فكرة استجمام بين فترتين إحيائيتين، أكثر من كونه فترة إحياء حقيقي." ^(٢١). وليس من شك أن فكرة جورج سارتون ورشدی راشد هذه قد تنثير الدهشة والاستفهام والرفض والاعتراض من البعض. على أن دراسة رشدی راشد لتلك الفترة، عصر النهضة بوجه عام، تؤدي إلى توسيع عصر النهضة، والعصور الحديثة.

لم يكن البحث العلمي في سبات.. إلا إذا كان تاريخ العقل يقتصر على التأريخ للعقل في أوروبا الجنوبية. وحتى في هذه الحالة، فلقد كانت هناك نهضة في القرن الثاني عشر نتيجة للترجمات من اللغة العربية. من جهة أخرى، لم يكن التجديد في القرن السابع عشر في المجالات العلمية كلها في آن واحد. كان هناك تجديد في علم الحركة مع جاليليو، ولكن لم تكن هناك، تمثيلاً لا حصراً، ما يمكن تسميته باسم الثورة في الرياضيات. لقد أعطى جاليليو برهاناً نهائياً على عدم مركزية الأرض، وذلك باكتشافه لأقمار المشتري الأربعة : إيو، أوروبا، كاليستو، وغانيماد. فالثورة هي نسبية من جهة، ومتصلة من جهة أخرى. لذلك الأدق أن نتكلم على التجديد. وإذا نظر إلى التاريخ من منظور الفترات الطويلة النسبية رأينا تجديد ابن الهيثم في المناظر والفيزياء، كما كان قبله تجديد أرشميدس في الاستاتيكا، كما جاء من بعده تجديد جاليليو في علم الحركة. وهذه التجديدات مترابطة. كان توماس صموئيل كون (1922-1996)، S. KUHN، مؤرخ تاريخ العلوم الأمريكي والأستاذ بجامعة شيكاغو بالولايات المتحدة الأمريكية، يتكلم عن بنية الثورات العلمية (1962) *THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS*. وكان أ. كويريه -أستاذ رشدی راشد المباشر- من قبله يتكلم عن "الثورة الفلكية-كوبرنيكوس، كبلر، بوريللي"، لكن من دون دراية بمدرسة مراغة. فلو أهملت مدرسة مراغة، صارت أطروحة "الثورة الفلكية-كوبرنيكوس، كبلر، بوريللي" ^(٢٢) صحيحة.

يمثل سؤال الثورة في الرياضيات سؤالاً صعباً في نفسه. لأن الرياضيات تتطبع بطابع الاتصال أكثر بكثير من الفيزياء، لأنها تأسست في فجر التاريخ، أي في فترة مجهولة. ودور العلم العربي هو -في هذا الموضوع بالذات- هو تأسيس التطور الموضوعي للعلوم بعامة. فهو الذي يجيب على سؤال : كيف تطور العلم الهلنستي، أساسياً؟ كيف تحول؟ كيف جدد؟ ذلك هو أحد شروط معرفة القرن السابع عشر وما بعده. لذلك يؤثر رشدي راشد الكلام على التجديد لا على الثورة في تاريخ الرياضيات. فجاء تاريخ رشدي راشد لتجديد تاريخ العلم الحديث وتجديد تاريخ العلم اليوناني القديم، في آن معاً. ومن ثم فتجديده المعرفي ليس ثورة معاكسة للثورة العلمية الحديثة بل إنه يقدم شرعية أخرى للرياضيات الكلاسيكية. فهو مع ذلك يغير صورة النظام العلمي اليوناني. من هنا ليست منهجيته الجديدة في تاريخ العلوم ثورة معاكسة مع أنها جددت العلوم القديمة، العربية والهلنستية على حد سواء. في المقابل أراد أغلب المؤرخين منذ القرن الثامن عشر قطع سلسلة الماضي بل أزالوا شروط إمكان اتصالها من جديد.

لقد جاءت الثورة العلمية -حسب الرأي السائد- بمستقبل مخالف لما سبقها تماماً الاختلاف، فكانت بذلك ثورة راديكالية، مع أنه، عند رشدي راشد، كما سنبين، تجديد نسبي/مطلق في آن. لذلك فهو يضع التجديد مكان الثورة : تجديد العلوم، لا العلوم كلها في آن واحد إنما تجديد هذا العلم أو ذاك، أو تجديد هذه المجموعة أو تلك من مجموعات العلوم.

من هنا أمكن رشدي راشد أن يعيد تقسيم التاريخ. فتقسيم رشدي راشد أو تصنيفه لا يأخذ بالتقسيم التاريخي التقليدي السابق. وذلك بمعنى أن ما أسماه رشدي راشد العلم الكلاسيكي -علم الجبر الكلاسيكي، تمثيلاً لا حصراً- يمتد على فترات تاريخية تباين الفترات التاريخية التقليدية السابقة والتي كانت تنقسم إلى الفترة اليونانية ثم الفترة الوسيطة ثم الفترة الحديثة. بدأ علم الجبر الكلاسيكي مع كتاب "الجبر والمقابلة" للخوارزمي في ٨٣٠ تقريباً^(٢٣). وأثبت رشدي راشد أن لاجرونج *LAGRANGE* نحو أواخر القرن الثامن عشر الميلادي، استعاد ديوفنطس^(٢٤). وبدأ التحليل الديوفنطي الجديد مع الخازن نحو القرن العاشر الميلادي^(٢٥). واستمر علم الجبر الكلاسيكي حتى بيار فرما في العام ١٦٤٠^(٢٦). وامتدت الهندسة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى القرن التاسع عشر. بالطبع لعب في هذا التصور الجديد القرن الثالث قبل الميلاد في الإسكندرية، والقرنان التاسع الميلادي والعاشر الميلادي بخاصة في اللغة العربية، وأواخر القرن السابع عشر الميلادي والقرن الثامن عشر الميلادي، أدواراً أساسية حددتها منهجية رشدي راشد في التأريخ للعلوم العربية.

لوضع الرياضيات والعلوم العربية في موضعها الجديد، كان من مهام رشدى راشد، إذن، تقسيم تاريخ الرياضيات الكلاسيكية ورسم خريطة تكوينها من الرياضيات العربية والعلوم العربية والقرن السابع عشر الأوروبي الحديث معا. وذلك من خلال تحليل هندسة رنيه ديكرارت ونظرية فرما في نظرية الأعداد والهندسة والهندسة الجبرية وغيرها من فصول الرياضيات وأبوابها. ويبيّن أنه لا يمكن فهم القرن السابع عشر الميلادي -كما أسلفت- من دون المعرفة الدقيقة بالقرن الثالث قبل الميلاد في الإسكندرية، والقرنين التاسع والعاشر خاصة في اللغة العربية، وأواخر القرن السابع عشر الميلادي والقرن الثامن عشر الميلادي. ودفعه ذلك كله إلى تجديد منهج التاريخ وإعادة تقسيم الفترات التاريخية ونقد الأفكار والتصورات السائدة حول النهضة العلمية في القرن السادس عشر الميلادي والثورة العلمية وغيرها من المسلمات الشائعة.

II. المعايير في كتابة التاريخ

٢-١- كتابة تاريخ الرياضيات الكلاسيكية

لا بد أولاً من التفريق بين وجهات النظر الخاصة بالرياضيات العربية : الوجهة الفلسفية، الوجهة التاريخية، الجهة الأيديولوجية. فأكثر تواريخ العلوم شيوعاً ليس سوى مجرد سرد لوقائع علمية أو فلسفات مثالية عن تاريخ فلسفات تبحث في نمو العلوم عن أمثلة تبرر بها الإيديولوجيات التي تحملها فلسفاتها^(٢٧). هناك إذن الاستغلال الأيديولوجي لنمو المعارف العلمية، فلا يبحث المؤرخ في الآليات الفعلية المتحركة في عملية إنتاج المعارف العلمية، ولا يبحث في طبيعة ذلك التاريخ وتفرد، إنما يثير أسئلة من خارج ويقدم أجوبة من خارج، فيرغم تاريخ العلوم على قول ما لا يقوله، كما يفرض فلسفة للتاريخ على تاريخ العلوم^(٢٨).

و كان دستوت دو تراسي *Destutt de Tracy (1754-1836)* الذي نحت، في كتابه "عناصر الأيديولوجيا"، اللفظ *IDEOLOGIE* في اللغة الفرنسية - و *IDEOLOGIE* في اللغة الألمانية و *IDEOLOGY* في اللغة الإنجليزية أو *IDEOLOGIA* في اللغة الإيطالية أو أيديولوجيا في اللغة العربية-، على صلة بكوندياك (١٧١٥-١٧٨٠) صاحب المذهب الحسي. لقد استغنى عن الميتافيزيقا وعلم النفس بوصفهما علمين يتجاوزان حدود الواقع. ووضع محلّهما علم الأفكار أو الأيديولوجيا، التي تقتصر على رد الأفكار إلى عناصرها البسيطة، ولا تدرس الأيديولوجيا غير الاحساسات والذكريات والعلاقات والرغبات والحركات، وتردها إلى أسبابها الفيزيائية إنها تفحص العلاقات المتبادلة بين الجسم والروح عند الطفل، وعند الأشخاص المصابين بأمراض عقلية، وعند الهمجي وعند الحيوان. وبذلك كان كوندياك يشتق المعرفة من المبادئ الخاصة بسلوك الفرد والمجموع. ولا حاجة بنا إلى أن نبين أن المبادئ الأساسية للإيديولوجيا مرتبطة

بالوضعية التجريبية. وقد كتب جورج كونجلام في القرن العشرين كتابا في "الأيدولوجية والعقلانية في تاريخ علوم الحياة" (١٩٧٧).

و ليس من شك أن رشدى راشد يلتزم، منهجيا، بالوجهة التاريخية، وبالوجهة الفلسفية، وبالوجهة الأيدولوجية. ينتقد رشدى راشد النظرة الأيدولوجية السائدة في التاريخ للرياضيات العربية. فاحتياج الأيدولوجية العلمية إلى إسناد تاريخي لا يترك عملية التأريخ للعلم بعيدة عن التأثير الأيدولوجي فيها، كما أنه قد أثرت في تلك العملية عوامل إيدولوجية أخرى كعامل الإيدولوجية القومية. والمفارقة، كما سنرى في هذا الفصل، أن الإيدولوجية القومية الأوروبية الحديثة قد أسهمت في توليد تاريخ العلوم بوجه عام كحقل معرفي مستقل بذاته ولذاته. والسبب هو أن تصور الإيدولوجية كتصور علمي يشكل جزءا من نظرية في المجتمع وفي البنية الثقافية الاجتماعية، ولم يصبح موضوعا نظريا أوليا إلا بعد الحرب العالمية الأولى، بعد أن كانت الماركسية في أواسط القرن التاسع عشر الميلادي قد صاغته كتصور رئيس في نظرتها الاجتماعية-التاريخية. ورشدى راشد لم يكن بعيدا في يوم من الأيام عن الماركسية، وليس من شك في أنه كان عارفا بها تماما. لكن لا يعنى ذلك تطبيق رشدى راشد للمنهج الماركسي في تاريخ العلوم إنما يعنى ذلك على وجه الدقة الاستعانة بأداة من أدوات التحليل من دون الاهتمام الكلى بشؤون الفكر الاجتماعي كما اهتم غيره بمحاولة تفسير اجتماعي لنشأة العلم العربي الإسلامي وتطوره. فهناك دلائل كثيرة على دوافع دينية اجتماعية لنشأة العلم العربي، لكن رشدى راشد لم يتخصص في التفسير الاجتماعي لنشأة العلم العربي وتطوره.

لذلك فقد انتقد رشدى راشد فلاسفة التفسير الاجتماعي للعلم، لأن أغلبهم قال بأن العلم الكلاسيكي هو في جوهره علم أوروبي وبأنه يمكننا أن نعرض لأصوله في الفلسفة والعلوم عند اليونان ، وهذا القول لم يلحقه تغيير يذكر خلال القرنين الأخيرين. هكذا رأى رشدى راشد عمانوئيل كانط (*Immanuel KANT*) في القرن الثامن عشر وأجست كونت (*Auguste COMTE*) في القرن التاسع عشر ، والكانطيين الجدد والوضعيين الجدد في القرن العشرين ، كما رأى هيجل (*G.W. F. HEGEL*) وإدموند هوسرل (*Edmund HUSSERL*)، والهيغلبيين والظواهريين والماركسيين ، رأى رشدى راشد أغلب المفكرين يسلمون بفكرة الانتماء الغربي الطبيعي للعلم، وإن كان يتفق مع الهيغلبيين، تمثيلا لا حصرا، حول فكرة "اتصال" التاريخ^(٢٩).

تطورت الرياضيات العربية على يد أبي يونس والخوارزمي والكرجي والحسن ابن الهيثم وشرف الدين الطوسي وأبي الحسن الأقليدسي والكاشي ونصير الدين الطوسي وغيرهم من العلماء المسلمين الذين ألفوا في اللغة العربية. فهؤلاء لم يكونوا مجرد نقلة أو شارحين للرياضيات اليونانية، بل إن حاجات التطور الاقتصادي

والاجتماعي للحضارة العربية الناشئة لعبت دورها الأساس في تطور الحساب وغيره من العلوم الرياضية بعامة. فإن تطور علم الفلك بدوافع دينية (رؤية الهلال...) أدى، من جهته، إلى تطور الرياضيات.

هذه هي أطروحة رشدی راشد.

و واضح أن البعد الإيديولوجي في التحليل يشير إلى مشكلة أعمق بكثير هي مشكلة استبعاد الذات، نقديا، من مجال البحث، وذلك لاستعراض الموضوع نفسه. ويسلم تحليل البعد الإيديولوجي في تاريخ العلوم بصلة معينة بين الذات والموضوع. ولكن هذه الصلة تضطرب إلى أبعد حد من وجهة النظر المعرفية/الابستمولوجية، وهي تثير المسائل الكبرى حين يكون الموضوع هو التاريخ وليس الطبيعة.

ففي العلوم الطبيعية نفسها عندما يتضح لنا تكوينها الحقيقي، فإننا نندفع دفعا إلى ملاحظة أن المعرفة لا تتمثل موضوعا وأنه لا يوجد موضوع يقبل التمثيل. فينبغي الاعتراف بمشاركة معينة للذات. وعلينا أن ندرك أن هذه المسألة ذات قيمة إيجابية لمعرفتنا بالطبيعة كلها، وأنها ليست تحديدا ضروريا وحسب من تحديدات المنهج، وأن العبارة التي كتبها الفيلسوف الألماني في القرن الثامن عشر عمانوئيل كانط (١٧٢٤-١٨٠٤) : "أن الذي يُعرف قبلا *A PRIORI* في الأشياء هو ما وضعناه نحن فيها"، هي عبارة تصلح لمجال تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

المقصود إذن هو البحث في الطبيعة من دون الإحالة إلى الطبيعة بل بالعودة إلى ما أشار إليه العقل. وإذا كان هذا الكلام صحيحا بالنسبة إلى علم الطبيعة، فإنه صحيح كذلك إلى حد كبير فيما يتعلق بتاريخ العلوم. ففيه تتدخل الذاتية بالمعنى العام للعقل النظري، أي بمعنى أن العقل النظري يضع بعض المسلمات في مستهل بحثه العلمي. وقد سبق أن وضع أفلاطون "الأصول" في دراسة الهندسة والحساب. واستهل كلامه الأول على الأصول بالكلام على "القضايا المبدئية" التي هي تصلح لمقالات "الأصول". وتركبت هذه القضايا من ثلاثة وعشرين حدا، وخمس مسلمات، وخمسة أوليات.

أ- نظريات أرسطو

وكانت "المبادئ الخاصة"، في منطق أرسطو وتحليلاته الثانية عن البرهان، تبين المبادئ التي لا يمكن البرهنة عليها في البرهان، " فلا سبيل إلى أن يتبين كل واحد إلا من المبادئ التي لكل واحد، إذ كان الشيء الذي يتبين إنما هو موجود من طريق أن ذاك موجود، فلا سبيل إلى علم هذا وأن يتبين بمقدمات صادقة غير محتاجة إلى البرهان وغير ذات أوساط. فإنه قد تبين على هذا النحو كما رام بروسن تربيع الدائرة، وذلك أن هذا الكلام قد يدل على أمور عامة ليست متجانسة؛ وهذا هو موجود لشيء آخر أيضا. ولهذا السبب قد تطابق هذه الأقاويل أشياء أخرى أيضا ليست متناسبة الجنس. فإذا لم يعلم من طريق أن ذاك موجود، لكن بطريق

العرض؛ وإلا فما كان البرهان نفسه يطابق جنسًا آخر.^(٣٠) ليس العلم هو العلم بالعرض، بل هو المعرفة الضرورية^(٣١) يعنى أرسطو بالأوائل *PRINCIPES* فى كل واحد من الأجناس تلك التى لا يمكن المبرهن أن يبرهن أنها موجودة. والمبادئ الخاصة هى تلك التى تتعلق بالأمور الموجودة. وهذا هو الذى ينظر العلم من أمره فى الأشياء الموجودة بذاتها، من دون الحاجة إلى برهان. مثال ذلك بحثنا فى علم العدد عن مدلول مصطلح "الوحدة"، وفى علم الهندسة عن مدلول مصطلح "النقطة". ما هو الفرد؟ ما هو الزوج؟ ما المربع؟ ما المكعب؟ الدائرة؟ وكلها مصطلحات موضع برهان، فبرهان المحمولات الجوهرية، ضروري. كذلك لا بد من وضع وجود هذه المصطلحات. وهو ما لم يضعه أفليدس فى صورة مباشرة فى "الأصول". وأما فى الجبر فنبحث عن الجواب على الأسئلة : ما هو الأصم؟ ما المنكسر؟ ما المنعطف؟ وأما أنها أمور موجودة فهو الجانب الذى يبرهن عليه الباحث فى علم الهندسة وعلم النجوم.

وقد يشارك جميع العلوم بعضها بعضًا فى الأمور العامة، وأعنى بالعامية التى يستعملونها على أنهم منها يبينون، لا لما فيه يبينون، ولا أيضًا ما إياه يبينون. إن كل علم برهاني، سواء أكان علما حسابيا أو هندسيا، هو فى ثلاثة أمور *AXIOMES OU NOTIONS COMMUNES* :

١- الأصل الموضوع (تفرد الجنس)؛

٢- الأوائل التى منها يبين الباحث؛

٣- دلالة الألفاظ : ماذا يدل كل واحد من الألفاظ؟

إن المقصود بهذه الأمور المشتركة بين العلوم هو الأرضية القياسية المشتركة بين العلوم، التى لا تعنى الأرضية البرهانية المشتركة، لأن كل مصادرة تتعلق بحدود جنس الموضوعات التى يدرسها العلم.

تستعمل الهندسة المصادرات نفسها فى حساب الكميات. ولا تتجاوز صحة البرهان حد الجنس الذى يدرسه العلم، فلكل جنس برهان. وذلك عائد إلى نظرية انقطاع الأجناس، التى هى أساس العلم عند أرسطو. من السؤال المحدد يكون قياس مناسب خاص فى واحد من العلوم. ليس كل سؤال يوجد هندسيًا ولا طبيًا. وكذلك فى تلك العلوم الأخرى. وأما القول فى المبادئ فلا ينبغى للمهندس أن يوفى السبب بما هو مهندس، وكذلك فى العلوم الأخرى. فليس ينبغى إذن أن يسأل كل واحد من العلماء عن كل شيء؛ ولا أيضًا ينبغى أن يجيب عن كل ما يسأل فى كل واحد به ؛ لكن إنما يجب أن يجيب عن أشياء محدودة فى علمه. فإذن لا سبيل إلى الكلام فى الهندسة بين قوم غير مهندسين. وكذلك فى العلوم الأخرى. وتعود نظرية الانقطاع بين العلوم نفسها إلى النظرية القياسية للعلم. ولكى يستقيم القياس لا بد أن تنطبق الحدود الثلاثة على الجنس نفسه :

١- موضوع البرهان، أى النتيجة، أى المحمول بذاته على جنس معين؛

٢- المصادر أساس البرهان؛

٣- يبين البرهان خواص الذات ومحمولاته الجوهرية من خلال الجنس.

و قد تنقص العناصر وقد تكون ضمنية وتقضى بالتوضيح. ويتعارض هذا التصور مع الرياضيات الحديثة التى تقارب البنيات والمجموع، حيث ترابط العملية الرياضية، وحياد عنصر المجموع وتحديد مسألتة. وهذه النظرية الرياضية الحديثة للمجموعات لا محل لها فى الهندسة ولا موضع لها فى الجبر، بينما تبين أهمية تصور المجموعة ونموذج البنيات والنماذج المنطقية، فى ميدان منطق المحمولات.

ب - المسلمات

والمسلمات، فى اللغة العربية، قضايا تسلم من الخصم ويبنى عليها الكلام لدفعه سواء كانت مسلمة فيما بينهما، أو بين أهل العلم، كما قال الجرجاني. والمسلمات عند ابن سينا قسمان : معتقدات، ومأخوذات. أما المعتقدات فهى ثلاثة أصناف : الواجب قبولها، والمشهورات، والوهميات. وأما المأخوذات فهى صنفان : مقبولات، وتقريرات، والتقريرات تشتمل على المصادر والموضوعات. وأما التقريرات، حسب ابن سينا، فإنها المقدمات المأخوذة بحسب تسليم المخاطب، أو التى يلزم قبولها، والإقرار بها فى مبادئ العلوم، إما مع استنكار ما، وتسمى مصادرات، وأما مع مسامحة ما وطيب نفس وتسمى أصولا موضوعة، فكل مصادرة أو أصل موضوع مسلمة، وليست كل مسلمة بمصادرة أو أصل موضوع، ومعنى ذلك أن المسلمة جنس لعدة أصناف من القضايا، وهى تشمل الافتراضات والأوليات والبدايات والمصادر والأوضاع، أى الموضوعات. وعند ابن الهيثم فإن كيفية التحليل الرياضى هو أن يفرض الباحث المطلوب، ثم ينظر فى خواص موضوعه اللازمة لذلك الموضوع إلى أن ينتهى إلى معطى المطلوب وغير ممتنع فيه. فهذا هو كيفية التحليل بوجه عام. فإذا انتهى هذا النظر إلى المعنى المعطى ، قطع النظر فى ذلك المطلوب. والمعطى هو المعنى الذى لا يمكن دفعه.

وفى ما سُمى فى العلم الغربى باسم 'العصور الوسطى' ^(٣٢)، كان هناك فرق بين المسلمة الموضوعة فى غير موضعها مثل عبارة "الكلب" كوكبة نجوم سماوية"، وأما المسلمة الموضوعة فى موضعها، فهى على وجوه متعددة.

إن المسلمة هي تعقيل وقائع تاريخ العلوم. كان فرانسيس بيكون (القرن السادس عشر) وميل (القرن التاسع عشر) رمزين مختلفين من رموز التجريبية. بالنسبة للعقلانيين أمثال ليون برانشفيج (١٨٦٩-١٩٤٤)، وجاستون باشلارد وجون بياجيه ومارسيال جيرو وجون نابير وألكسندر كويريه وغيرهم من فلاسفة العلوم المعاصرين ممن أثر فيهم ليون برانشفيج، تؤسس المسلمة العقلية للواقع. أما بالنسبة إلى ميل وبيكون فإن كل شيء قد بنى من قبل. لكن لا بد من التفريق بين نوعين من التجريبية :

البرهان على إمكانية تجاوز الخبرة؛

كيف بلوغ القوانين؟ وحل هذه المشكلة الأخيرة يتم من طريق الانتقاء والعزل والاختبار. المشكلة الأولى هي مشكلة معطيات الخبرة أو الآلة أو المسلمة. أما المشكلة الثانية فهي الافتراض (المعطيات) ثم الآلة ثم التسليم في مقابل النفي.

ولا بد من التفريق بين العالم والفيلسوف التجريبي. لأن التخطيط غير كامل نتيجة غيبة المسلمة وفي حال غير مناسب بلا مسلمة وبلا تخطيط.

٢-١-١- البحث العربي عن المستحيل

يرفض رشدی راشد وضع المسلمات *VORAUSSETZUNGEN*، بسبب استراتيجيته الظاهرية في كتابة تاريخ العلوم، كما سابين فيما بعد. ومع أن رشدی راشد يرفض فلسفة هيجل في غير موضع، فإن رفضه لوضع المسلمات أقرب لعبارة هيجل الأولى التي تفتتح الفقرة الأولى من "أسس دائرة المعارف الفلسفية" (١٨٣٠)، والتي تقول: إن الفلسفة تفتقد *ENTBEHRT* المقدرة *ZU KONNEN* على أن "تسلم" *VORAUSSETZEN* بموضوع *GEGENSTANDE* أو بمنهج *METHODE*^(٣٣). وبعد هيجل بقرن تقريباً، قال إدموند هوسرل القول نفسه في الفصل الأول من أولى بحوثه المنطقية عن "التعبير والدلالة" *AUSDRUCK UND BEDEUDUNG*، حيث أكد الامتناع الضروري للمسلمات *VORAUSSETZUNGSLOSIGKEIT* بما في ذلك المسلمات الميتافيزيقية والنفسية أو تلك الصادرة عن علوم الطبيعة نفسها. وقد بلغ هذا الاتجاه مداه في نظرية المعرفة الفوضوية عند بول فييرآبند *PAUL FEYERABEND* "ضد المنهج" (١٩٧٥) في العلم. فالرياضي ليس ملزماً بانتقاء مذهب معين حول طبيعة الضوء، تمثيلاً لا حصراً أو حول أسباب الانعكاس أو الانكسار.

و قد قال جاك ديريدا "إن خطر مهمة التفكير، يكمن، في الإمكانية، أى فى إمكانية تحول التفكير، إلى مجموعة من الإجراءات المضبوطة والممارسات المنهجية والدروب المفتوحة. وتكمن أهمية التفكير وقوته ورغبته، إذا كان لديه رغبة، إنما فى نوع معين من خبرات المستحيل *IMPOSSIBLE*، أى كما سأشير إلى ذلك فى آخر المحاضرة، فى الآخر وخبرة الآخر، بوصفه ابتكارا للمستحيل، بعبارة أخرى، بوصفه الابتكار الممكن الوحيد." (٣٤). وتتبه محمد بن موسى الخوارزمي للحالة التى يستحيل فيها إيجاد قيمة حقيقية للمجهول فقال إن المسألة تكون فى هذه الحالة مستحيلة .

و فى لغة الخوارزمي : "وأما الأموال والعدد التى تعدل الجذور فنحو قولك مال وأحد وعشرون درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجدار ومعناه أى مال إذا زدت عليه واحد وعشرين درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجدار ذلك المال. فبابه أن تتصف الأجدار فتكون خمسة فاضربها فى مثلها تكون خمسة وعشرين فأنقص منها الواحد والعشرين التى ذكر أنها من المال فيبقى أربعة فخذ جذرها وهو اثنان فانقصه من نصف الجذر وهو خمسة فيبقى ثلاثة وهو جذر لمال الذى تريده والمال تسعة. وان شئت فزد الجذر على نصف الأجدار فتكون سبعة وهو جذر المال الذى تريده والمال تسعة وأربعون. فإذا وردت عليك مسألة تخرجك إلى هذا الباب فامتحن صوابها بالزيادة فان لم تكن فهي بالنقصان لا محالة وهذا الباب يعمل بالزيادة والنقصان جميعا وليس ذلك فى غيره من الأبواب الثلاثة التى تحتاج فيها إلى تتصف الأجدار. واعلم انك إذا نصفت الأجدار فى هذا الباب وضربتها فى مثلها فكان مبلغ ذلك اقل من الدراهم التى مع المال، فالمسألة مستحيلة."

وقد سبق أن قصد شرف الدين الطوسي، تمثيلا لا حصرا، فى كتاب "المعادلات"، البحث فى "معادلات الدرجة الثالثة التى يقع فيها المستحيل *IMPOSSIBLE*". وأما المعادلات التى يقع فيها المستحيل *IMPOSSIBLE* فخمس مسائل. وخصّص الطوسى الجزء الثانى من الكتاب لدراسة المعادلات الخمس التى تحوى "حالات مستحيلة"، أى حالات لا يوجد فيها أى جذر موجب، وهى المعادلات :

$$(21) x^3 + c = ax^2 ;$$

$$(22) x^3 + c = bx ;$$

$$(23) x^3 + ax^2 + c = bx ;$$

$$(24) x^3 + bx + c = ax^2 ;$$

$$(25) x^3 + c = ax^2 + bx ;$$

وهكذا سجل شرف الدين الطوسي "حالات مستحيلة" كما سبق أن سجل الخيام "المسائل المستحيلة". إن كلا من المعادلات الخمس السابقة أمكن رشدي راشد أن يكتبها في الصورة الحديثة $f(x) = c$ ، حيث f دالة متعددة الحدود. ولكي يميز شرف الدين الطوسي الحالات المستحيلة ويحددها ، كان على الطوسي دراسة التقاء المنحنى الذي يمثل $y = f(x)$ مع المستقيم $y = c$. كان "المنحني" يعني، عند الطوسي، القسم من هذا المنحنى المتمثل بالجزء :

$$y = f(x) > 0 \text{ و } x > 0$$

وهو جزء من المنحنى يمكن عدم وجوده. ولا معنى لها إلا في حال كون $x > 0$ وكون $f(x) > 0$ وإنه في كل حالة من الحالات كان يضع الشروط التي تكون ضمنها $f(x)$ موجبة قطعاً. ففي المعادلة (٢١) وضع الشرط $0 < x < a$ ، وفي المعادلة (٢٢) الشرط $0 < x < b$ ، ويحدد هذا الشرط نفسه في المعادلة (٢٣) مع أنه لا يكفي. ومع أن الطوسي في المعادلات (٢٤) و(٢٥) لم يحدد في البداية مثل هذه الفسحة التي ينحصر ضمنها x ، إلا أنه يحدد مثل هذه الفسحات عندما يشرع في دراسة "حصر الجذور".

ووقع تصنيف المسائل المستحيلة، عند إبراهيم ابن سنان، ضمن المسائل المستوفاة الشروط والفروض والتي لا تحتاج في أن تخرج المسألة منها أو لا تخرج إلى زيادة في الشروط والفروض ولا نقصان ولا تغيير، ومثل ذلك التصنيف تصورا جديدا ونظرية وجودية جديدة في ذلك الوقت من تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. فقد بدأ علماء الرياضيات العرب، في ذلك الوقت وضد التحليل الديوفنطسي، التفكير في صياغة نظرية المستحيل. حقق رشدي راشد وقدم "لديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة الجبر، ترجمة قسطا بن لوقا" (١٩٧٥) و "الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و "الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و "ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و "ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و ٦ و ٧" (١٩٨٤) و "كتاب ديوفنطس الاسكندراني في علم العدد" (١٩٨١). ويتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندراني مشروع رشدي راشد ويمثل إحدى علامته البارزة والأساسية. وبين رشدي راشد للمرة الأولى أن الترجمات العربية لكتابات ديوفنطس، الذي عاش في الإسكندرية ومات بها مسناً على ما يبدو في فترة يختلف المؤرخون في تحديدها بين عام ١٥٠ قبل الميلاد وعام ٢٥٠ بعد الميلاد، كانت هي السبيل الوحيد لمعرفة الأوروبيين بالنصوص اليونانية عند انتقالها إلى أوروبا في العصر الوسيط وما سمى بعصر النهضة. فلقد فقد الأصل اليوناني لبعضها ولم تبق إلا الترجمات العربية. وهناك العديد من الأمثلة من كتابات أبلونيوس وبابوس كما بين مؤرخو العلوم في القرن التاسع عشر الميلادي. لم يُعَن رشدي راشد بالتحليل الديوفنطسي التقليدي الذي يشكل جزءا من الجبر إنما يُعنى بالتحليل الديوفنطسي الذي يتعلق بمجموعة الأعداد الصحيحة. لقد نشأ هذا التحليل

فى القرن العاشر المىلادى لخدمة الجبر ومناهضته فى آن. لقد نشأ تحليل "المسائل المستحيلة" الهندسية لمناهضة جبر دىوفنطس. وأما المسائل التى ما لا تخرج البتة من الشروط والفروض المستوفاة، عند ابن سنان، فكقولك: نريد أن نقسم خطأ بقسمين يكون ضرب أحدهما فى الآخر مثل مربع الخط كله. فإن هذه "المسألة مستحيلة"، كما سجل إبراهيم ابن سنان : كيف قسم الخط؟ بأى مقدار كان؟ كيف تصرفت به الحال؟ وعلى هذا المثال لو قيل : كيف نخرج من نقطة خارج دائرة خطأ يقطعها؟ إذا أضعفت الزاوية التى بين القطر الذى يمر بتلك النقطة وبين الخط الخارج، كانت أقل من الزاوية التى يحيط بها الخط المماس للدائرة مع ذلك القطر، وإذا قسم الخط الذى يقع فى الدائرة من الخط الخارج من تلك النقطة بنصفين، وأخرج من نصفه عمود على ذلك القطر كان مساوياً لخط معلوم، هو ربع القطر.

أ- منهج رشدى راشد التاريخى

واقع الأمر أن الرياضى العبرى، كما سألين فيما بعد، لم يعد ذلك العالم الذى يتخفى، إنما هو صار ذلك الباحث المبدع الذى يخفى مسلماته الميتافيزيقية والنفسية والمعرفية والأيدىولوجية، بل يخفى البحث عن المسلمات. واستراتيجية رشدى راشد فى التأريخ للعلوم العربية تقوم على نقد المخطوطات القديمة من دون مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام. العلم الرياضى نفسه هو علم بأحوال ما يفتقر فى "الوجود" الخارجى من دون التعقل إلى المادة كالتربيع، والتثليث، والتدوير، والكروية، والمخروطية، والعدد وخواصه، فإنها أمور تفتقر إلى المادة فى وجودها، لا فى حدودها. وكان قد سعى السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٧٥٠ هـ / ٥٧١١ م) إلى بناء متتالية من الأعداد النسبية تتقارب مع عدد جبرى حقيقى معطى. ولأن الوسيلة التى بحث عنها يفترض بها أن تؤسس جميع التقريبات من خلال الإعادة، فهو يعتمد طريقة تكرارية. مع ذلك خاض السموأل وأغلب علماء الرياضيات فى القرن الثانى عشر المىلادى، كما خاض رشدى راشد، بنحو خاص جداً، فى مسائل الوجود النظرية.

لكن كان رشدى راشد يرى - وما زال - أن مؤلفات عمر الخيام الرياضية هى من أهم الآثار العربية الرياضية بل هى من أهم الآثار الإنسانية الرياضية. ونشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر المىلادى. فى الوقت نفسه ألف الخيام "الرسالة الأولى فى الوجود أو "الضياء العقلى فى موضوع العلم الكلى"؛ رسالة فى الوجود؛ رسالة فى اللغة الفارسية فى كلية الوجود. وبالتالي جمع الخيام بين البحث فى الرياضيات والبحث فى الوجود. وفى الفترة المعاصرة درس عبد الرحمن بدوى وحقق نصوص الفلسفة والعلوم عند العرب ورأى أن مذهبه الوجودى الغربى يصلح

أن يكون فكرا للمجتمع العربى ككل، وتبريره لهذه الصلاحية هو التراث الإسلامى الصوفى. والتصوف، كالشعر، يقدم أجوبة فردية، شخصية. من هنا أسس عبد الرحمن بدوى للجمع بين التراث الصوفى العربى القديم والوجودية الغربية المعاصرة، من جهة، وللجمع بين الوجودية وتاريخ العلوم، من جهة أخرى.

فأهم المسائل، لا جواب عنها فى تيار فكرى واحد. الجواب الأكثر صحة هو الذى يجيء من التطبيق المتبادل بين المناهج الفكرية المختلفة. لم يعد هناك إمكان لتقديم جواب يقتصر على الفلسفة أو العلم أو أى تيار فكرى بمفرده. الجواب ينبغى أن يكون متكاملًا يصدر عن معارف ومناهج متكاملة. طبعًا، هذا صعب معقد. لكن هذا ما حاول أن يسطره عبد الرحمن بدوى، وما حاول أن يفكر فيه رشدى راشد من بعده.

تاريخ العلوم العربية والوجودية الغربية : عنوان أثار ولا يزال يثير استنكارًا، أو على الأقل، اعتراضًا. لا ممن يعنون بالوجودية، وحدهم، وإنما أيضا ممن يعنون بتاريخ العلوم. وسواء أكانت هذه العناية، فى الجانبين، سلبية أو إيجابية، فإن الجمع بين هذين الاتجاهين كان ولا يزال موضع استغراب، وبخاصة أن عبد الرحمن بدوى نفسه أراد عن وعى تام عدم رفع المتناقضات بين التيارين، تاريخ العلوم العربية، والوجودى العربى. ولذلك، انعدم الاتصال بين التيارين، وإن أمكن اجتياز ما بينهما من هوة بواسطة الطفرة. بين تاريخ العلوم العربية والوجودية عند عبد الرحمن بدوى وحدة متوترة، وليس فيها أى معنى من معانى التوفيق أو الرفع للتعارض أو التخفيف على أية صورة كانت، بل بالعكس : كلما ازداد قدر التوتر فى الوحدة، كان ذلك إيذانًا بأنها حقيقية.

و رشدى راشد نفسه، مع إنه رفض بوضوح وضع مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام، فقد بحث فى شروط إمكان تطبيق الرياضيات فى ميدان العلوم التى تدرس الوجود الاجتماعى بوجه عام، كما درس شروط إمكان الاستعانة بالتاريخ التطبيقى للعلوم فى تحديث المجتمع العربى المعاصر. كان الباحث على بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها هو البحث فى تريبض العلوم الاجتماعية أو فى ما سُمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. ويعود الانتباه الأصلى إلى تريبض العلوم الاجتماعية كعقائد لإشكالية، فى إطار بحث رشدى راشد-كما سنشير إلى ذلك فى سياق الكلام على "الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، نلاحظ أن مشكلة السَّمْطَة اللامتناهية Unlimited semiosis، أى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تتطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكر فى وضع العلوم الاجتماعية غير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة Interpretant - هى العلامة الرياضية. ومن دون

هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدلالية، يعجز الباحث عن استعمال الصور والمجاز، من جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *Théorie confisquée* ، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى : كيف بالإمكان تربيض العلوم الاجتماعية لكى تصبح العلوم الاجتماعية والإنسانية، علومًا بالمعنى الصحيح للمصطلح والكلمة والفكرة؟ كيف بالإمكان تربيض دراسة الأخلاق أو دراسة الاقتصاد أو دراسة السياسة أو دراسة التاريخ؟ من جهة أخرى، يعنى رشدى راشد "بالتاريخ التطبيقى للعلوم" كفاءات الاستفادة من تاريخ العلوم للإسهام فى التحديث العلمى فى مصر والوطن العربى وبلدان ما سُمى بالعالم العربى. وذلك من طريق إنشاء المدينة العلمية، وإعادة النظر فى تصور الترجمة العلمية وسياساتها على أساس من ربط الترجمة بالإبداع العلمى وربط العلم باللغة. ومن هنا فلا بد من "تسببه" وضع رشدى راشد لمسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام. بعبارة أخرى، مثل امتناع رشدى راشد عن وضع مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام، امتناعاً نسبياً.

تقوم، إذن، إستراتيجية رشدى راشد فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها على تحقيق المخطوطات القديمة من دون وضع مسلمات حول المعرفة الإنسانية بوجه عام، بل تمتنع الإستراتيجية الظاهرية عن الكلام فى المعرفة الإنسانية بوجه عام، وتمتنع الإستراتيجية الظاهرية عن وضع مسلمات تاريخ العلوم ومنهجه. وهو موقف متميز، لأن كورت فون فريتس *Kurt von Fritz*، تمثيلاً لا حصراً، قد حدد الأسس الكلية والمسلمات، قبل البحث فى المسائل الأساسية فى تاريخ العلم اليونانى القديم^(٣٥) . بعبارة أخرى، راعى رشدى راشد فى مجال إثبات المخطوطات والنصوص والشذرات العربية القديمة وترجمتها أكثر المعايير صرامة، بل أكثرها "غلوًا".

إن عمل رشدى راشد كمؤرخ للرياضيات العربية وفلسفتها لا يتبع سلفاً منهجاً محدداً تمام التحديد. ولا يبتغى منحاه صياغة منهجية ولا بناء إرث معرفى يفرض العودة إليه وتداوله. لكن منحاه، مع أنه يرفض أن يتحول إلى منهجية. فهو فى الوقت نفسه، لا يتحول إلى التجريب ولا إلى الانطبعية. فنحن لا نقدر أن نعلم إلا باعتماد الذاكرة التاريخية، وإلا فلا أهمية لعلمنا. فهو من الذين يقولون بالرجوع إلى المخطوطات القديمة ويدعون إلى قراءتها. كيف بالإمكان عرض تلك المخطوطات العربية القديمة ؟ كيف بالإمكان الكشف عن المخطوطات العربية القديمة ونقلها ، من دون تحليل لبنية التصورات التى انصهرت فيها والصلات التى ربطتها مع غيرها ، والمسائل التى صدرت عنها، والمتغيرات التى أصابها ، وصولاً إلى سوء الفهم الذى وقعت ضحيته؟ ذلك هو سؤال المؤرخ الخاص.

إن الاختصار على سرد التواريخ وتحديد المؤثرات ، أو مجرد إقامة العلاقة بين محتويات المخطوطات المكتشفة، يعد بحثاً مهماً أهمية محدودة. يعدل رشدى راشد التساؤل عن المسلمات التاريخية للنتائج الجبرية ، تمثيلاً لا حصراً. ويعدل المسلمات الإيديولوجية في صياغة السؤال والجواب على السواء. تمثل معرفة العلم موضع البحث شرطاً ضرورياً وإن لم يكن شرطاً كافياً لاجتناب المسلمات الإيديولوجية. فهذه المعرفة - المعرفة التي يقدمها رشدى راشد- بتاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها هي معرفة جزئية وناقصة. وبالتالي لا يجوز في الوقت الراهن الجواب "الكلي" على سؤال المسلمات الاجتماعية الشاملة للإنتاج العلمي العربي. إن الوضع الاجتماعي يحفز *INCITATION* من خارج العلم -استعمال العلم في البيئة : لغة التعليم، التركيب الصناعي للدولة، نشر الثقافة العلمية- من دون أن يمثل السبب المباشر ولا العلة المباشرة في نشأة هذه النظريات العلمية أو تطور تلك^(٣٦). فإن الخوارزمي، تمثيلاً لا حصراً، أورد في مقدمة كتابه في الجبر أنه ألف من "كتاب الجبر والمقابلة كتاباً مختصراً حاصراً للطيف الحساب وجليلة لما يلزم الناس من الحاجة إليه في مواريثهم ووصاياهم وفي مقاساتهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفي جميع ما يتعاملون به بينهم من مساحة الأرضيين وكرى الأنهار والهندسة وغير ذلك من وجوهه وفنونه"، أى أن الخوارزمي، تمثيلاً لا حصراً، أورد في مقدمة كتابه في الجبر أنه ألف من "كتاب الجبر والمقابلة" كتاباً حصر فيه "الحساب" وحاجات الناس إليه في مواريثهم ووصاياهم وفي مقاساتهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفي العلاقات الاجتماعية كافة، ولم يكن الجبر مباشرة هو العلم الذى احتاج إليه الناس في مواريثهم ووصاياهم وفي مقاساتهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفي العلاقات الاجتماعية كافة، بل كان الحساب هو الوساطة بين الحاجات الاجتماعية وبين الجبر. مثلت القطوع المخروطية، تمثيلاً لا حصراً، طريقاً لحل مسألة المعادلات التكعيبية، مما أسفر عن نشأة فصل جديد في الرياضيات من دون أسباب اجتماعية واضحة.

وهناك أمران يؤيدان موقف رشدى راشد مع أنه يعترف هو نفسه بسلبية موقفه. بحث رشدى راشد في استقلال الجبر. وأكد ذلك على مستوى إنتاج المبرهنات وإنشاء القضايا. هذه المعرفة تسم أى علم مستقر . وقبل مناقشة مسألة مسلمات الإنتاج ينبغي أن نتوسط العلوم وتجزأ. وهذا التوسط يقضى بمعرفة العلوم كافة - الحساب ، وعلم المثلثات والأرصاء الفلكية ... - التى يرتبط بها هذا العلم . كما تقضى التجزئة بتحديد العوامل الثقافية التى قد تؤثر في الإنتاج العلمى. وإذا انصرف المؤرخ عن التفاصيل التقنية، فإنه يتوهم بالضرورة أحد الوهمين التاليين:

تحويل المسلمات عن تاريخ العلوم إلى سرد لتاريخ العلوم بعينه. وهكذا فمذهب إميل دوركايم (١٨٥٨-١٩١٧) أو مذهب ماكس فيبر (١٨٦٤-١٩٢٠) أو مذهب كارل ماركس (١٨١٨-١٨٨٣) يصبح

هو التفسير نفسه. ويصوغ المؤرخ في هذه الحال، مسلمات تتعالى على المبرهنات وعلى إنشاء القضايا موضع البحث؛

الاعتقاد بأن الاستقصاء التجريبي للعناصر الثقافية المتفرقة هو الجواب النهائي.

هذان الوهمان يسودان حتى الآن تفسيرات ظاهرة الإنتاج العلمي. وتدعم ندرة الدراسات العلمية حول تاريخ الخلافة الإسلامية وبخاصة نظامها أو أنظمتها الاقتصادية، هذين الوهمين.

ب- الانغلاق المعرفي

لكن عاد رشدي راشد إلى العلوم التي شاركت في ولادة العلوم الأخرى كما عاد، تمثيلاً لا حصراً، إلى علم الجبر. ووصف رشدي راشد، أولاً، حالة الجبر. وهذه المشكلة تبدو أنها تظهر بقوة عندما تتعلق بالرياضيات بعامة والجبر بخاصة. وما يود رشدي راشد قوله هو إن الجبر حقل متميز وقسري. فهو متميز بالمقدار الذي يؤسس - في العلاقات بين العلم والمجتمع المحددة- لما أمكن رشدي راشد أن يسميه بـ "الانغلاق المعرفي" في الإنتاج الرياضي، ذلك الانغلاق الذي سيق أن رفضه جون كافياس *Jean CAVAILLÈS* في فلسفته الرياضية^(٣٧).

يقصد رشدي راشد "بالانغلاق المعرفي" أنه عند عتبة معينة أو مرحلة ما من تطور العلم، يبرهن الرياضي مبرهنة في الجبر بسلسلة من المبرهنات الأخرى التي كانت من مسلمات الرياضيات نفسها. هذا الإطار يؤسس للعلاقة بين العلم والمجتمع ويحدد بداهة ووضوحاً لا توفرهما العلوم الأخرى. لكن هذا "الانغلاق المعرفي" قسري، لأنه لو ارتبط العلم والمجتمع أو الجبر والمجتمع، لقضى بمضاعفة العلوم الواقعة في الوسط كيما يفهم على أي صعيد وبأية كيفية يتحدد موقع هذا الارتباط. ويود رشدي راشد أن يبين أنه لا يمكن درس الصلات بين الجبر والظروف الاجتماعية من دون معرفة الحساب وعلم الفلك أي من دون استقصاء الفروع المختلفة للحساب وعلم الفلك.

بهذا المعنى نظر رشدي راشد لتصور "الانغلاق المعرفي". ومن أهم خواص الأثر العلمي استمراريته، فهو نهائي منغلق بين حد الكلمة الأولى والكلمة الأخيرة ونقطة النهاية. ولقد اعتنى رشدي راشد بتحديد التناهي البنيوي. وهناك بعض المخطوطات التي توحى فيها البداية بالنهاية فينبغي عند ذلك العودة إلى بعض عناصر البداية المؤشرة للخاتمة. فإذا كان الجبر قد حل مسائل عملية، تمثيلاً لا حصراً، على هذا المستوى البسيط، فأمكن رشدي راشد أن يحدد هذه المسائل العملية. فإذا كان الجبر قد تطور من أجل تقسيم الموارِيث، فإنه

اندمج في نظام اقتصادي محدد. إذ يمكن لتقسيم الميراث الاستعانة بالجبر، لكن الجبر في تطوره - وهذا ما يحاول رشدي راشد تبيانہ - ليس بحاجة إلى تقسيم الميراث، وهذا يعني أن الرياضي لم ينتج مبرهنات لأسباب من خارج العلم. كانت هناك علاقة بين الجبر وتوزيع الميراث في البدايات الأولى للجبر عند الخوارزمي وأبي كامل وغيرهما من العلماء، لكن هذه العلاقة اختفت في القرنين الحادي عشر والثاني عشر. مع ذلك لم يقل رشدي راشد إنه لم يكن هناك من "انغلاق معرفي" عند الخوارزمي أو أبي كامل إنما هو يبحث في القرنين الحادي عشر والثاني عشر، حيث انقطعت الصلة بين الشروط الاجتماعية والإنتاج الرياضي. واستبعد رشدي راشد نوعاً محدداً من العلاقة الاجتماعية إذا صح القول . أي أنه استبعد تأثير مسلمة ما خارجية أو اجتماعية أو اكتشاف أو إنتاج مبرهنة ما، في القرنين الحادي عشر والثاني عشر. لكن بعد اكتشاف مبرهنة معينة ، ماذا كانت العوامل الاجتماعية التي أثرت في تطبيق هذه المبرهنة أو ذلك الكشف؟ عاد رشدي راشد إلى تكوين الجبر نفسه ورأى كيف أثرت المسلمات الاجتماعية ليس في الجبر كجبر لكن من خلال توسط الحساب وعلم الفلك وعلوم غير جبرية. لتطبيق الجبر على ظواهر خارجية ، يلجأ الباحث إلى دراسة الحساب. في المقابل، هل تطبيق الحساب بحاجة إلى وسيلة أخرى ؟ لماذا ؟

تتعلق حاجة الحساب في التطبيق إلى وسيلة أخرى، بحالة الحساب، ولذا قال رشدي راشد إنه ينبغي تحديد نوع الحساب موضع البحث. فهو يحاول أن يبين مشكلة الجبر ، فما الذي نقصده إذن بالشرط المتميز والقسري في هذه العلوم التي تؤسس لمشكلة العلاقة بين العلم والمجتمع ؟ إن هذه العلاقة الرياضية المحددة هي أوضح من العلاقة الميتافيزيقية بين العلم والمجتمع. وهي أوضح من العلاقة الفيزيائية بين العلم وما سمي في الغرب باسم "القرون الوسطى". فبالإمكان أن تتدخل مجموعة من المسلمات الإيديولوجية في العلاقة الميتافيزيقية بين العلم والمجتمع، وفي العلاقة الفيزيائية بين العلم وما سمي في الغرب باسم "القرون الوسطى". لكن أمر الجبر مختلف، إذ أنه يتصل بالمسلمات الإيديولوجية اتصالاً محدداً ووسطياً، في آن معاً. بالإمكان إذن أن يدرس مؤرخ العلوم، في إطار الجبر، العلاقة بين العلم والمجتمع. لكن المؤرخ يتقيد من جهة أخرى بالمستوى نفسه لهذا العلم بسبب أنه قد صار علمياً. فتبدو أيدي الباحث مقيدة عند النظر في مسألة تدخل عناصر اجتماعية في تكوين العلم. من جهة أخرى، يؤكد رشدي راشد أن الباحث يكون حراً عند النظر في تأثير المسلمات الاجتماعية في الحساب. أليس هذا واقعاً تاريخياً؟ عند النظر في الأعمال الجبرية لا يرى رشدي راشد علاقات اجتماعية ، بينما يرى هذه الصلات عند النظر في الأعمال الحسابية التطبيقية؟ هناك أمر عميق في الواقع التاريخي. هناك ثلاثة أنظمة من الحساب :

١- الحساب الهندي؛

٢- حساب اليد ؛

من هنا نهض السؤال : لماذا جربوا في وقت ما وحدة الحساب ؟ ماذا تعنى الوحدة؟ كيف إقامة الوحدة ؟
ما المقدمات التى أدت إلى الوحدة؟

المسلمة التى أسست للإجابة عن مثل هذه الأسئلة هى مسلمة الفئة الاجتماعية الجديدة. فئة من الكتاب ، بوصفها هيكلًا اجتماعيًا، تمثيلاً لا حصراً، يسعى إلى توحيد نوع من الحساب، لأنه بحاجة إلى هذا النوع من التوحيد فى إجراء الحسابات . لقد تطور الحساب مع هذه الفئة الجديدة بخاصة، وبسبب هذا النوع من الحاجة الاجتماعية التى يمكن إثباتها بواسطة كتب الحسابيين الذين عالجوا ذلك النوع من المسائل أمثال أبو الوفا والكرجى والشهرزورى والسموأل وغيرهم من الرياضيين. ورأى رشدى راشد، إذن، أن المسلمة الاجتماعية قد حددت تطور الحساب بل مثل ذلك ضرورة تطور فى الجبر. لكن ما هو بصدد بحثه هو الجبر وليس الحساب. إن الفترة التى يبحث فيها على تطور الجبر، تقع داخل الجبر نفسه. ماذا حدث فى الفترة الواقعة بين الخوارزمى الذى عاش فى النصف الأول من القرن الثالث الهجرى وأبى كامل شجاع بن أسلم الذى عاش فى النصف الثانى من القرن الثالث الهجرى؟

إن الاهتمام الغالب الذى أولاه العرب للغة العربية اقترن، لدى رشدى راشد، بنوع معين من المسلمات الأيديولوجية الدينية. فإن القضاة وعلماء الدين الفلاسفة والمصنفين ارتبطوا ببحث مسألة اللغة، البعض منهم كان وراء استكشاف عقلى لظواهر اللغة والبعض الآخر وراء حل القضية المعقدة : أزلية أو خلق الكلام الإلهي، وآخرون أرادوا تقديم تصنيف منطقى لموادهم التجريبية من نبات و مواد دوائية وغيرها من المواد التجريبية. فإن اهتمام اللغويين يرجع على الأرجح، حسب رشدى راشد، إلى مسلمة دينية صارت مسلمة علمانية فيما بعد ذلك التاريخ الدينى الأول.

فانتشار الإسلام، حسب رشدى راشد، وغياب مؤسسة تؤسس للتفسير المتوافق لنص القرآن وهو المصدر الأول للتوحيد العقدي لشعوب ذات لغات وتقاليد مختلفة ، فرض هذه المهمة التى دفعت بها ضرورة مزدوجة: خلق سجل من الكلمات والدلالات وإعداد القواعد النحوية لنص القرآن بهدف تقديم المعنى الأصلى للوحى المنزل بلغة "الوثنيين". وإذا ما نجحت هذه الدوافع جانباً فإن العلمنة أسست للبحث فى نص القرآن والشعر الجاهلي. صحيح أن علماء النحو الذين أصبحوا معجميين لم يقصدوا بادئ الأمر بالمعجم ، سوى معجم خاص بمادة أو بإقليم ما ، يوضح كلمات قديمة أو مدلولات عريضة. لكن رشدى راشد، فيما يدرس طبيعة العلاقة بين الجبر وعلم اللغة والتحليل التوافيقى فى العلوم العربية، لا يلقى العامل الأيديولوجى النموذجى : العامل الدينى.

مع أن "علم التاريخ" عند العرب يمثل جزءاً من التطور الثقافي العام ، إلا أن تاريخ العلوم العربية لم ينشأ، في الأصل، في اللغة العربية. فعلى أدهم، تمثيلاً لا حصراً، لا يذكر في كتابه عن بعض مؤرخي الإسلام^(٣٨) سوى الطبري وابن عبد ربه والمسعودي وابن حيان الأندلسي ولا يذكر، مع أنه من أنصار الفكر العلمي، مؤرخاً واحداً للعلوم أمثال البيهقي، القفطي، ابن أبي أصيبعة، ابن الفريسي، السلامي، وغيرهم من المؤرخين القدماء. فالكلام كله على التاريخ المحدث، الجغرافيا، التاريخ، المؤرخ الفنّان، المؤرخ الأديب، المؤرخ السياسي.. من دون ذكر التاريخ العلمي العربي.

تشكل تاريخ العلوم كميدان أو حقل معرفي مستقل في عصر التنوير الأوروبي الحديث، أي في القرن الثامن عشر الذي اقترن بأسماء الكتاب والفلاسفة أمثال فولتير وديدرو وروسو ومونتسكيو.. الذين عاصروا مولد تصور التقدم والثورة البورجوازية. فقد توافرت شروط اجتماعية وسياسية وثقافية معينة لتوليد تصور التقدم، وتحملت بورجوازية عصر الأنوار للمستقبل ورأت مصلحتها فيه وعلقت آمالها عليه، فنزعت عن الماضي بهاءه ومجده وقضت على تلك الأسطورة التي تقول بماضي ذهبي عرفته الإنسانية. وكان ذلك يقتضي محاربة الأيديولوجية التقليدية التي استطاعت خلال قرون عديدة أن تدعو لتلك الأسطورة. فقد كان العقل التقليدي يرى أن تاريخ البشرية هو تاريخ تدهورها وأن تاريخ الفكر هو تاريخ أخطائه.

لكن قضى العلم الناشئ على وهم العصر الذهبي وحطم أبراج الماضي حين بينت الكشوف الجغرافية والفلكية سعة الأرض والسماء، وحين ارتمت البورجوازية الأوروبية الناشئة نحو المستقبل وخرجت عن مواطنها لتكشف طرقاً وأسواقاً وعوالم جديدة، حين كشف المنهج القديم عن عجزه عن فتح كتاب العالم، وأظهرت العقلانية الجديدة تهافت العلم القديم، حين حلت حركة التجارة محل سكون الاقتصاد الزراعي. فمع حلول عصر الأنوار حاول مفكرو القرن الثامن عشر إدخال فكرتي الوحدة والاتصال في التاريخ بوجه عام.

و المثير للبحث أن تاريخ العلوم قد نشأ في ظل الارتباك بين الفكر والمسيحية. إن البشرية قد أحرزت، بعض التقدم في مطلع الحضارة، ولكن التاريخ، في التصور المسيحي، ليس سوى سلسلة مستمرة من الضلالات والأوهام. والمفارقة أن تشاؤم القرن السابع عشر قد مهد لولادة علم تاريخ العلوم. كان القرن السابع عشر يتبع فكرة عبث الحياة وأنه ما من شيء عقلائي في العالم المعنوي وأن عالم الطبيعة يظل سرا لا يدرك كنهه. وبالإمكان أن نستنبط -لأن مقدمات فلسفته لا تؤدي إلى هذه النتيجة بالضرورة- من فلسفة رنيه ديكارت تصور علم يتقدم باستمرار.

من هنا قام تاريخ العلوم الحديث على تجديد علميين وتجديد سياسيين. فقد قام العلم الأوربي الحديث على التحولات التي طرأت على علم الفلك. فتحويلات علم الفلك هي التي أسست لتحويلات علم الطبيعة الحديث. لكن ليس هناك بين الفلك والطبيعة علاقة علة ومعلول. افترض الفلك الأوربي الحديث أنه من المشروع الكلام على واقعة عامة كواقعة سقوط الأجسام، تمثيلاً لا حصراً. وكانت خلاصة المرحلة الأولى من التحليل الفيزيائي والفلك الحديثين استخلاص النتائج من التقارب بين تغيرات النسبة وتغيرات مسافات السرعة. وأسست أنيتها لحمل تغيرات مسافات السرعة على تغيرات النسبة. لم تعد نسبة الأجسام بل صارت نسبة معلولات الأجسام. ولم تعد هناك من حاجة إلى الإحالة إلى علة مطلقة لتعليل الحركة الطبيعية لسقوط الأجسام. وأما المرحلة الثانية فقد تأسست على فرضية أن الخلاء موضع فريائي دال مع اختفاء كل معلولات تحديد تأثير الوسط. غير أن العلاقة التي تحدد مسافات السرعة وافترض الخلاء كانت لا تعنى شيئاً في الفلك اليوناني القديم الذي كان يرفض مبدئياً الخلاء والذي كان يفترض أن الأجسام ترجع إلى موضعها الطبيعي كما كان يفترض أن الثقل والخفة مرتبطان ارتباطاً طبيعياً. كان الفلك اليوناني يحيل إلى نظام الكون كما كان يحيل إلى محمول الأجسام. ومن دون الرفض السابق للفلك اليوناني القديم لم يكن من الممكن أن يصوغ جاليليو نظريته الرياضية في الحركة.

و يمثل مثال جاليليو مثلاً آخر دالاً حيث أسس جاليليو لبناء مبدأ الحفظ المكتسب. يقول المبدأ بأنه تحت شروط معينة تقدر الحركة المكتسبة أن تحفظ نفسها إلى غير نهاية. وهذه هي الحال الطبيعية للسكون. وهذا المبدأ مقرون بنشأة علم الفلك الحديث وصياغته لم تكن ممكنة من دون علم الفلك. كانت المشكلة هي الرد على الاعتراض القديم على الدوران الأرضي. فإذا كانت الأرض تدور حقاً فإن بعضاً من الظواهر لا بد أن لا يظهر كما يبدو لنا عند المشاهدة كظاهرة السقوط الرأسى للأجسام (الانحراف)، قصف الشرق أو الغرب لا يمكن أن يصل إلى مسافات متساوية، القوة النابذة أو المركسة عند بطلميوس. قرّن بطلميوس وكوبرنيكوس وكبلر بين الثقل والكتلة الأرضية بما في ذلك حال الدوران الأرضي. وهو اقتران غير مرئي في الوقت نفسه. بل هو جواب خيالي من دون أساس علمي.

ب- نظريات ديكارت

لم يقدر ديكارت أن يقطع تماماً مع عصره بل احترم عاداته وتقاليده ومعتقداته، كما يروى في الجزء الثالث من خطاب في المنهج، حيث فرق بين الأخلاق والمعرفة، ووضع الأخلاق جانباً. لكن من دون رنيه

ديكارت بالذات ومن دون مبدأ تمزيق المعرفة السابقة *FAIRE TABLE RASE DE TOUT* الذى أسس له فى الجزء الأول من خطاب فى المنهج، ما كان لتاريخ العلوم أن يبدأ فى القرن الثامن عشر.

فى مقابل أرسطو وعلم العصور الوسطى، صار للكواكب تاريخ. وأصبح للكون تاريخ. أصبحت البقع الشمسية أيضا تاريخية. وانتهت فكرة أرسطو عن النجوم الخالدة وغير القابلة للفساد والسماوات الخالدة. وافترض ديكارت خلق الكون من الحركة وتركز المادة. واستعاد ديكارت فكرة جاليليو عن العالم الواحد، أى فكرة العالم المتغير من دون تقسيم العالم إلى عالم سفلى متغير وآخر علوى خالد. والقاعدة الثالثة من قواعد لهداية الروح عن العلاقات بين الحَدَس والاستنباط تحلل ما نقدر أن نستخلصه من القدماء. وقد اكتشف ديكارت أن قراءة القدماء لا تنفع من دون منهج كما اكتشف أن علماء الرياضيات القدماء كانوا لا يمتلكون منهجا بمعنى أنهم كانوا يكتشفون خواص الدوائر، تمثيلا لا حصرا، الواحدة تلو الأخرى، من طريق حيل بعينها. لذلك كان هدفه فى الجزء الثانى من خطاب فى المنهج، صياغة المبادئ الجديدة، أى المنهج.

كان يسود القرن السابع عشر نوع من الشك الذى مارسه مونتاني *MONTAIGNE* كما ساد ذلك القرن التناحر بين العقل والاعتقاد حيث كان الاعتقاد غير عقلى بطبعه. فى ضوء ذلك، كان طموح ديكارت الصريح هو أن يعيد بناء الفلسفة. فى كتاب الأولمبيكا روى الكواييس التى كانت تطارده والأشباح التى كانت تطارده فى الكنيسة. وكانت هذه الأشباح تشير إلى الخطأ الذى كان يضايقه. من هنا استخلص ديكارت قواعد المنهج لهداية الروح العلمى وصاغ مقاييس الصواب والخطأ، ومقياس استخراج الصواب من الخطأ. وقد قصد بذلك أن يضيف نظاما جديدا للتحويلات التى طرأت منذ ثلاثة أجيال. كيف بالإمكان أن نفهم الظواهر الطبيعية؟ كيف أسهمت الفلسفة فى تشكيل علم الطبيعة الجديد؟ هل لعبت إجراءات ومبادئ الفلسفة الديكارتية دورا فى نمو علم الطبيعة وامتداده؟ هل كان بالإمكان أن تلعب هذا الدور؟ إذا كان الجواب بالإيجاب فبأى معنى تم ذلك ولأية أسباب؟

هذه الأسئلة ليست أسئلة ثانوية كما أنها ليست أسئلة مفتعلة. إنها أسئلة طرحها ديكارت على نفسه. وقد ادعى أنه يريد التأسيس لنظام المعرفة وتحديد وحدتها. فقد حدد مبادئ فلسفة المعرفة ونظرية العلم التى صاحبته، أى فى نظرية أساس العلم. فى ما يروى فى الأولمبيكا حَدَس ديكارت إعادة تأسيس العلم كله بدل التحليل من دون منهج. وحلم "بالعلم المبهر". ولم تقتصر الفلسفة الديكارتية على التأسيس للعلوم. لكن الفلك لعب دورا قائدا فى تنفيذ خطته الفكرية والعلمية والفلسفية حيث اكتشف عام ١٦٢٠ نظرية المناظر. وتتدرج مساهمته فى الهندسة الجبرية ضمن ذلك المشروع. بعد عودته من رحلته فى ألمانيا أخذ ديكارت يحسن من منهجه الهندسى وحاول تحويل المعادلات إلى دوائر كما درس الدوائر الخيالية التى لا تقبل البناء بالبركار،

أى أنه فى ذلك الوقت قد اكتشف ضرورة المعادلة فى الهندسة وضرورة إعادة ترتيب المقادير لدرجة المعادلات. كذلك بحث فى مجال البصريات واكتشف قانون انكسار الضوء $\sin b = C$ / $\sin a$ كما يفسر ديكارت بطريقة تجريبية، على خلاف ما يعلنه عن ضرورة البرهان بطريق رياضية. قبل ذلك، العلم لا بد من معرفة ماهية العلم، أى معرفة علم العلم. ومن منطلق قومى فرنسى خالص، قال الفيلسوف الفرنسى الوضعى المعاصر أوجست كونت AUGUSTE COMTE فى القرن التاسع عشر، بأن ديكارت "اخترع" الهندسة التحليلية والرياضيات الحديثة.

أما ليبنتز، معاصر ديكارت، فقد قال - هو يكاد أن يكون قول رشدى راشد وجليله من الباحثين المعاصرين فى تاريخ العلوم العربية- بأن ديكارت لم يتجاوز حدود التأليف بين الرياضيات القائمة. وكتاب ديكارت عن الهندسة الذى سنتناوله بالتفصيل فيما بعد - فى الباب الثانى من هذا الكتاب- هل يحتوى على ما سمي باسم "الرياضيات الحديثة" أو "الهندسة التحليلية" أم أن ذلك الأمر عائد إلى رأى أوجست كونت ؟

ليس من الأكيد أن ديكارت يشير إلى الهندسة التحليلية بالاسم نفسه فى متن كتاب الهندسة. وأما اكتشاف تصور الإحداثيات فيعود، تاريخياً، إلى فرما، لا إلى رنيه ديكارت. إلا أن ديكارت قد أعلن عن ميلاد الرياضيات الحديثة التى تفوق الرياضيات القديمة. وفى ضوء هذا المعنى، رأى فيلسوف العلوم الفرنسى المعاصر ليون برانشفيج (1869-1944) L.BRUNSCHVIG أن ديكارت نظم ما كان مشتتاً عند بيار دو فرما. ورأى أن الإصلاح الديكارتي لم يكن ظاهرياً إنما طال فلسفة الرياضيات كلها. قبل ديكارت، كانت الرياضيات قياسية كما عند بليز بسكال حيث : العدد = المكان. مع ذلك هناك فرق. هناك تشابه واختلاف. وهو الأمر المختلف عن الفكر الأرسطي. عند ديكارت صارت هناك حقيقة واحدة -موضوع رياضى واحد- تعادل بين المعادلة الجبرية والدائرة. تم التوحيد بين مجالات المعادلات والتوحيد كذلك للدوائر على أساس من المعادلات. ثانياً، رفض الدوائر والمعادلات الخيالية. ثالثاً، رفض ديكارت معادلات النهايات الموجبة والسالبة. طرح ديكارت مشكلة النهاية لكنه لم يحلها وأسس لحساب التفاضل. حدد ديكارت من خلال مشروعه فى الفلسفة الطبيعية معنى التعليل الفيزيائى. وحل المشكلات التى تتعلق بالتعليل الفيزيائى. وانفك من فكرة المادة إلى الآلية ثم المبادئ أو القوانين الأساسية لعلم الطبيعة. ماذا كان مشروع ديكارت ؟

كان مشروع ديكارت فى "الخطاب فى المنهج"، تمثيلاً لا حصراً، هو دراسة إمكانات المعرفة الإنسانية، ترتيب المعرفة الإنسانية وتنظيمها، كما يروى فى الأجزاء الثلاثة ٧ و ٥ و ٦ من خطاب فى المنهج. كان "الخطاب فى المنهج" لديكارت تمهيداً لمؤلفات علمية عن نظام العالم من جهة الرياضيات، البصريات، الفلك. وتقويم رياضيات ديكارت أو إعادة تقويمها هو أحد موضوعات الباب الثانى من كتابنا هذا. وفى القاعده

الثامنة من القواعد لهداية الروح أقر أن المعرفة تتبع الذهن وأنها محدودة بالتالي للأسباب نفسها. في ضوء هذا المعنى أسس للمنهج النقدي بتحديد مجال المعرفة وتحديد قدرات الذهن وتحديد قدرات الذات العارفة. في المقابل كان أرسطو يقول بوضع الموضوع أولاً ثم نسال أنفسنا بعد ذلك : كيف نعرفه؟

في الرياضيات التحليلية، المكان غير محدد وغير محدود. واللامتناهي الحقيقي لا يملكه إلا الله. فوق أي قياس ولا يقبل التحديد. فالذهن أضعف من أن يحدده. ولا يرى بعضهم هنا سوى حيلة سياسية في سياق محاكمة جاليليو وفي سياق تقرير الكنيسة أن المكان محدود. قد يرجع ذلك إذن إلى الحذر السياسي الطبيعي أو إلى لامتناهي الله الحقيقي وقد تم البرهان على سلامته وصحته من جهة أخرى. في علم ديكارت، إذن، يلتقي الاستباط القيلي، النظري، غير القابل للتجريب والواقع الملموس : فيزياء ديكارت قبلية. وتطور المشروع الديكارتى على مستوى الفلك (ك١) من دراسة الموضوعات : المسارات غير الدائرية للكواكب ودورانها حول الشمس؛ الشمس، الأرض، القمر، والكواكب الأخرى، النجوم الثابتة، المشتري وزحل؛ آثار الضوء، الأرض شبيهة بالكواكب، الضوء الرمادي للقمر، الامتداد الدقيق للكواكب والبقع الشمسية، إلى وضع المسلمات التي قد تكون خاطئة، مما يتفق مع الآلية، ووظيفة المسلمات هو تفسير الظواهر وتنفيذ الطابع الإجرائي المبادئ. أما على مستوى الفيزياء الأرضية (ك٢) فقد قارب المسلمات؛ والذرات؛ وعمل الذرات؛ وموضوعات البحث : الهواء، الماء، المعادن، الزلازل، النار، المغناطيس والنشائج : التمهيد للمجال المغناطيسي. والتصور الذي سيتم البرهان عليه في الباب التالي هو تعديل إضافة رنيه ديكارت في الهندسة التحليلية، من بعد كشف رشدي راشد عن الخيام وشرف الدين الطوسي.

ج- تطورات القرن السابع عشر الميلادي

بدءاً من النصف الثاني من القرن السابع عشر دخلت ميادين جديدة إلى حقل العلم : الميكانيكا، حساب التفاضل... وتأسست مراكز الأبحاث في لندن وباريس. وكان ضمن المؤسسين الفكريين لتيار تاريخ العلوم بليز بسكال (1623-1662) B.PASCAL في تجارب جديدة عن الخلاء (١٦٤٧) ونقولا مالبيرانش في كتابه البحث عن الحقيقة، الفرضية : "الخطأ هو علة بؤس البشر". "إنه الخطيئة بامتياز، المبدأ الفاسد". ولا بد من التحرر منه. أما الحقيقة فتكمن في القلب. تتبع العلاقة بين الخطأ والحقيقة الإرادة والحرية. ليس بإمكان الحقيقة أن تقودنا إلى خير معين إلا تبعاً لملكة الفهم. إذن الفهم بضياء الإرادة التي هي عمياء ولا تعرف شيئاً بل هي لا تعرف أنها تتجه باتجاه الخير أصلاً بتوجيه من الله. غير أن بإمكان الإرادة أن تقود الفهم نحو تحديد، أي نحو منحها غاية أو نحو عرضها لموضوع خاص. تؤسس إذن الإرادة للتحديد. هي تحدد نفسها وتتمكن الإرادة من نفسها بوضعها نفسها تحت خدمة نفسها. الروح وحده هو الحر. والحرية تقوم على التحكم

فى الفهم والإرادة. إلا أن الإرادة لىس بإمكانها أن لا تريد الخير. وأما الخطأ فهو الاستعمال غير المستقيم لحريتى الشخصية. وفى كتابه تمهيد للوحة تقدم الروح الإنسانى، يتكلم كوندورسيه عن العلم العربى بوصفه إحدى فترات تاريخ العلم وبوصفه إحدى حلقات تقدم الأنوار فى فترة هيمنت فيها "الخرافات والظلمات".

رأى مونتوكلا MONTUCLA فى دراسته للعلم العربى ضرورة لرسم معالم الصورة التاريخية الإجمالية لتطور العلوم، بل لتثبيت وقائع تاريخ الفروع العلمية، ومجرى التطور التاريخى للإنتاج العلمى، والخطوط الأساسية لتاريخ التراكم العلمى، وعرض للاتجاهات التاريخية. ويقوم تصور تاريخ تقدم الإنسانية على القول بالتقدم المتصل للحقائق أو التراكم المتصل لها والاستبعاد المتصل للأخطاء المكتسبة. يسير الجنس البشرى. تبعا لفكرة التقدم، إلى الأمام على الدوام. ويوسع هنا رشدى راشد تصور الثورة العلمية الحديثة من جهة. وفكرة التنوير وتقدم العقل البشرى من جهة أخرى. ذلك أن الثورة العلمية تقوم على قطع خط سير العلم الإنسانى المتصل. وأسطورة الثورة العلمية هذه، شأنها شأن الأساطير الأخرى التى سنتناولها فى هذا الفصل، أى أسطورة القرن السابع عشر الأوروبى وغيرها من الأساطير، تتبع من نظر معين إلى السلف الصالح. هذا بينما الواقع أن أولئك العلماء العرب الذين مهدوا لقيام الثورة العلمية الحديثة كانوا لا يبتغون إزالة عالم ما قبل الثورة العلمية الحديثة. لقد كانوا أكثر حكمة من ذلك مع جرأتهم العظيمة فى نظرياتهم التى كانت تراجع النظام العلمى اليونانى القديم. لكن مجد الواقعة وجلاله أعمى المؤرخين والعلماء. وانقسموا إلى فئتين، الأولى ترى أن حوادث خللة النظام اليونانى القديم التى أحرزتها الثورة العلمية الحديثة والإخفاقات التى منيت بها، ترى هذا كله مجرد أحداث عابرة ترافق طبيعة الثورة بينما يظل الهدف الأول من تلك الثورة هو الهدف الصامد.

د- أسطورة الثورة العلمية

إن كلمة الثورة العلمية الحديثة تعنى إزالة نظام علمى من طريق العقل وإحلال نظام علمى آخر محله. والظاهرة الطبيعية للثورة العلمية هى أن تحاول أقلية الاستيلاء على الحكم العلمى لتخضع لإرادتها أكثرية كبيرة، وتخلق نظاما علميا جديدا، ويحاول ذلك العمل تغيير بناء العلم. من هنا لم يعمد مؤرخو العلوم إلى استحضار السوابق التاريخية وتفسير الواقع حينئذ على ضوءها، فلم يعودوا إلى العلوم العربية والهلينسية والسرانية والسنسكرىتية والفارسية والبابلية السابقة، وإنما أرادوا الوصول إلى تحديد مقبول للثورة العلمية الحديثة وحركتها : تغيير صورة العلم، تغيير فئة العلماء، تغيير هيئة العلم القديم. إنها تهدف إلى العقلانية كما أن التنوير الذى أنشأ تاريخ العلوم العربية يهدف إلى العقلانية. هناك فكرة رئيسية هى أن العالم يسير فى طريق التقدم، أى أن الفترات التاريخية المتلاحقة كانت التالية منها أحسن من سابقتها. غير أن الثورة العلمية

الحديث تقوم أيضا على القول بأن هناك مجموعة من المتناقضات لا بد من التخلص منها عبر الثورة. والثورة انفجار لحالة الاستقرار التي تسبقها، ومعنى هذا أن الذي يعتمد التقدم المحتوم ، كما يرى عصر التنوير، يريد من خلال الثورة الإسراع من إقامة الوضع الجديد. بعبارة أخرى، الثورة نتيجة من نتائج تقدم العلم.

لكن قبل عمل رشدي راشد الحديث، لم ينظر الدارسون، ضمن منظور فلسفة الرياضيات (الباب الثالث من هذا الكتاب)، إلى الجدلية العميقة بين الحقيقة وتاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية. إن المهمة تبدو شاقة لأسباب معروفة. مع ذلك هي شيء لا بد منه، إذا ما أردنا أن نقارب بشكل دقيق الموضوع الذي أتيح للتاريخية أن تحتله في الإسلام. فالإسلام، من جهة تعريفه، متعالٍ وفوق تاريخي. هكذا تخمن كل الصعوبات التي سوف تنجم عن إسلام كهذا من جهة والتاريخية من جهة أخرى. إن إدخال البعد التاريخي في التحليل يضطرنا إلى التفريق بين الإسلام المثالي وبين الإسلام التاريخي. المسألة المبدئية عندئذ هي : كيف انقطع الإسلام التاريخي عن الإسلام المثالي؟ أين اتصل الإسلام المثالي والإسلام التاريخي؟

إن المدرسة الألمانية، في العصر الحديث، هي التي دفعت قدما البحوث حول تاريخ النص القرآني منذ مطلع القرن العشرين. وقد استخدم ر. بلاشير وباك بيرك النتائج التي توصلت إليها المدرسة الألمانية، في فقه اللغة، في ترجمتهما للقرآن وكتابهما عن القرآن بوجه عام. ولم يكن كتاب تاريخ القرآن لنولدكه أصلاً لرسائلته التي نال بها درجة الدكتوراه تحت عنوان أصل القرآن وتركيب سوره ، إنما كان ذلك العنوان الشارح وغير الدقيق هو الترجمة غير الدقيقة لعنوان الجزء الأول عن "أصل القرآن"، ألمانيا، ليبزيج، ١٩١٩، من كتاب نولدكه عن "تاريخ القرآن".

قام نولدكه، مسلحاً بنزعتيه العلموية *SCIENTISME* -كلمة منحوتة وتستعمل أولاً للإشارة إلى منح الأولوية للعلم على أي معرفة أخرى- التي كانت سائدة في عصره ، بتحليل الأسلوب والنحو والمفردات في القرآن مبينا التكرار والاختصار والحذف بل والخطأ في موضع آخر . عزى نولدكه ذلك في الواقع إلى عيب بلاغي. بعبارة أخرى، ما يسميه نولدكه خطأ يسميه بيرك شذوذاً. بعد القرن التاسع عشر الميلادي، الذي رفع فيه الدارسون من أصحاب وجهة النظر الوضعية المنهج التاريخي شعاراً رئيساً لمنطلقهم النظري، بدأ نوع من ردود الأفعال تظهر في القرن العشرين. وجاءت، بعد الحقبة التي أمضاها العلماء في تجميع الوقائع، حقبة أخرى من التفكير في المعارف المكتسبة. وحينئذ نشأت اتجاهات جديدة تضع في حسابها الطبيعة المعقدة للظواهر التي صارت موضوعاً للبحث العلمي. وبفضل هذه المنطلقات الجديدة دخلت الإنسانية طوراً جديداً من أطوار العلم. لكن لم يشق كتاب تاريخ القرآن لنولدكه إلى الآن طريقه إلى اللغة العربية. في ضوء هذه المسألة المبدئية، نصوغ المسألة الأساسية التي تواجهنا في هذا البحث حول تاريخ العلوم العربية والتي

تتلخص فى الإجابة على السؤال التالى : ألا يتناقض قول عصر التنوير الأوروبى الحديث بتقدم ذهن البشرى والقول بتحطم هذا التقدم فى ما سُمى باسم "الثورة العلمية الحديثة"؟ هل هناك من تناقض بين التنوير العقلانى الذى يقول بالاتصال والثورة العلمية الحديثة التى قالت بالقطيعة؟

هـ- تاريخ العلوم العربية ضمن تاريخ العلوم

مؤرخو التاريخ يضعون نصب أعينهم لحظة واحدة يحددون صفاتها العامة ويقولون إنها اللحظة الحاسمة. ولكن المؤرخين، بعد أن يفرضوا تلك اللحظة، يرجعون إلى واقع العلم الراهن فيقيسونه بمقياس اقترابه أو ابتعاده عن تلك اللحظة الذهبية. وحين يصدمهم الواقع يقعون فى 'الفوضى، فيتطلعون إلى هذا الواقع بعين القاضى المنصف الذى لا تأخذه المحاباة. إن تاريخ العلم، كما مارسه المؤرخون، يخلق تناحرا بين الدارسين والباحثين، بل والأمم بكاملها، حول فكرة ما. فهذه الأمة مع تلك الفكرة وتلك الأمة ضدها. ومادامت حركة التاريخ متصلة لا تنقطع حسب فلسفة التنوير، فكيف يحكم المؤرخ على هذه الفكرة أو تلك؟ هل يحدد تاريخ العلوم العربية معنى محددا لتاريخ العلوم بعامة؟ هل العلوم العربية هى الغاية المعينة التى لا بد لتاريخ العلوم أن يبلغها؟ هل هناك حتمية عربية تحكم تاريخ العلوم بعامة؟ نجيب على هذه الأسئلة فيما يلى من كلام.

و- دور الحركة الرومانسية

ليس بالإمكان أن ننكر الدور الذى لعبته الحركة الأدبية الرومانسية الأوربية الحديثة فى بواكير القرن التاسع عشر فى تشكيل الوعى القومى بالتاريخ بوصفه علما مميزا ومكونا للشعور الوطنى لشعب ما من جهة النور الذى يضيئه على الجذور وعلى موقع الوطن فى تاريخ العالم. ويعتبر ما تحقق فى هذا الشأن من أهم النتائج الفكرية التى حققتها الرومانسية الألمانية فى القرن التاسع عشر: أ.ف. اشليجل (تاريخ عالم الأدب)، ج.ف.ف. هيجل، والمدرسة اللغوية الألمانية التى صاغها ياكوب وفيلهلم جريم ، ماكس موللر، فرانس بوب، سافينى فى تاريخ القانون... والمفارقة هى اقتران هذه النزعة بالتمييز العنصرى بين اللغة الآرية وبين اللغة السامية، بين اللغة العلمية وبين اللغة الدينية الشعرية، والنظر إلى اللغة العربية بوصفها حاملة للعلم اليونانى وحسب. بعبارة أخرى أسهم القرن التاسع عشر الأوروبى فى ترسيخ تاريخ العلوم وفى التعصب فى آن واحد : الانفتاح والتحيز، التسامح والتصور السابق، الحوار والروح القومية، الجدل والتطور العضوي...

مع ذلك أسهمت الحركة الرومانسية الأوربية الحديثة فى ترسيخ أدوات النقد التاريخى الحديث. ومن هنا فقد استحضرت الرومانسية عصر التنوير. ومن هنا أيضا اتصل مفكرو القرن التاسع عشر الميلادى أمثال نيبور ورانكه وأسلافهم من القرن الثامن عشر الميلادى أمثال بيار بايل *Pierre Bayle* وفولتير. كان بيار

بايل ينحدر من مقاطعة فوأ، فكان جنوبيا فر إلى الشمال، مثله في ذلك مثل الكثيرين، الذين أتوا إلى هناك بنشاطهم الذهني، وميلهم للأفكار، ومتانة خلقهم، وحيويتهم اللافتة. وكان بروتستانتيا، أبو من قساوسة هذا المذهب، درس اللاتينية واليونانية في مدرسته، ثم أكمل دراسته في مجمع بيلورانس. وبدأ بالدين وانتهى إلى الشك. وظلت آثار الحركة الرومانسية يانعة في علم الحضارة الذي فرق بين العلم والأسطورة، بين المصادر التاريخية والمصادر الخرافية : "فلن يتحقق أى تقدم إلا إذا تحررت قوى جديدة للعقل، وأفسح الولع بالماضي، والاستغراق الحدسى فيه الطريق أمام نقد تاريخى واع يوثق به." (٣٩) . فالشيء الوحيد الذى أصبح يعترف به هو سيطرة الموضوعية الصارمة (...) ينبغي على المؤرخ ألا يضيف لمادته شيئا بقصد زيادة سحرها الجمالي، أو سعيا وراء إحداث تأثير بلاغى براق (...) وبهذه الوسيلة وحدها تسنى له الخلاص من الاستاتيكا الرومانسية والميتافيزيكا وأمكنه كتابة تاريخ يعتمد على أساس منهجى جديد. وبدأ الآن مسألة إمكان المعرفة التاريخية وأحوالها فى ضوء جديد. فلأول مرة أمكن تقديمها بوضوح تام ودقة. (٤٠).

ومن جهة أخرى، كانت العقبة الاستمولوجية هي الترجمة اللاتينية للمخطوطات العربية. لم يطلع المؤرخون والفلاسفة الغربيون على العلم العربى إلا من خلال الترجمات اللاتينية القديمة.

ظل التشويه منذ القرن التاسع عشر إلى العقد الخامس من القرن العشرين حين ألقى فريق من العلماء الغربيين والعرب الضوء على ما يحمله العلم العربى من سمات متفردة : رشدى راشد، مصطفى نظيف، على مصطفى مشرفة، أ. ف. هومبولت ، ب. لاكى (بحثه فى ثابت ابن قرة فى اللغة الألمانية، تمثيلا لا حصرا)، هاينريش سوتر (علماء الرياضيات وعلماء الفلك عند العرب وأعمالهم، تمثيلا لا حصرا)، هيرشبرج، أ. فيدلمان، ج.ل.سيديو، فرانس ويكيه (بحثه فى الهندسة العربية فى اللغة الفرنسية)، نالينو، روسكا، كاربنسكى ؛ م. كراوسه وهو غير بول كراوس (الدوائر عند مينيلوس الاسكندراني فى صحيح أبى نصر منصور بن على بن العراق. محاولات فى تاريخ النص عند علماء الرياضيات. وهو تحقيق للنص مع ترجمة ألمانية للنص العربى المنقول عن الأصل اليونانى المفقود حول دوائر مينيلوس، تمثيلا لا حصرا) وغيرهم من العلماء والمؤرخين المعاصرين الذين فتحوا أفقا مميذا فى تاريخ التأريخ للعلوم العربية.

فللمرة الأولى يظهر تاريخ العلوم العربية للدلالة على مادة معرفية متميزة تمتلك تعابيرها الخاصة وحدودها المتفردة. كيف تفوق هذا الجيل على الأجيال السابقة؟ بأى معنى نقدر أن نقول إن نظريتهم التى حلت محل نظرية غيرهم أفضل من النظريات السابقة عليها؟ ما الجدة فى التصورات التى أتى بها هذا الجيل من الباحثين؟ ما الجدة فى تعبيراتهم؟ ما الجدة فى تنظيم تاريخ العلوم من جديد؟ ما التقنيات المعرفية المستخدمة؟ ما عناصر تاريخ العلوم العربية الجديدة؟ ما هذا التنظيم؟ ما الشروط الأساسية التى جعلت هذا الاكتشاف الحديث نفسه ممكنا؟ لماذا كان هذا الاكتشاف؟ لماذا تم فى هذا الوقت من دون ذاك؟

تدفعنا هذه الأسئلة وتلك إلى نسبة الوفاق المشهور بين العلماء كما يدفعنا إلى ذلك تاريخ العلم نفسه. ما طبيعة الضوء؟ كان ذلك هو السؤال الذى تصارع حوله أصحاب التفسير الجسمى من جهة وأصحاب التفسير التموجى من جهة أخرى. وهما التفسيران اللذان تصارعا على مدار القرن التاسع عشر. كذلك كانت هناك أسئلة أخرى : ما طبيعة الحرارة؟ كيف بالإمكان تفسير الظواهر الحرارية؟ هل لابد من افتراض أن الحرارة تعود إلى وجود سائل حرارى أو سوائل أخرى. إما أنه شيء يتحرك فى الأجسام، إما أنه حركة الأجزاء الصغرى من الأجسام. أما أبرز ممثل للمنهج الذى يرفض الصراعات فى العلم فقد كان أ. كومنت. فإذا كان المنهج العلمى لا يقدم يقينيات، هل يقدر، مع ذلك، وفى ظل شروط معينة، أن يقيم وفاقا محددا؟ إذا كان العلم ليس يقينيا، فهل من المعقول أن نعتقد فيه؟ لم يكن هدفهم فى تصور من سبقوهم على وجه الإطلاق. ويتلخص هذا الهدف بإنشاء نظرية حول تاريخ العلوم من خلال البحث فى تشكيل النظريات العلمية والبحث فى تشكيل المخترعات العلمية. والمستويات المتعددة لتاريخ العلوم التى يتناولها مؤرخ العلوم بوجه عام هى : المستوى التصنيفى للمصادر، مخطوطة كانت أو مطبوعة؛ المستوى الوصفى/الظاهراتى لما تتضمنه المصادر من وسائل وأدوات؛ المستوى التفسيرى لما تحتوى عليه المصادر من مشكلات ومناهج؛ المستوى التحليلى لما تستعمله المصادر من تصورات ونظريات. وأهم ما فى هذه المستويات جميعا هو مستوى التعليل أو التفسير. وهو مدار أساسى فى كتابة تاريخ الرياضيات. فالعلامة المصورة *Representamen* هى أولاً، المفسرة، وهى شئ ما ينوب لشخص ما عن شئ ما، من وجهة ما وبصفة ما. فهى توجه لشخص ما، بمعنى أنها تخلق فى عقل ذلك الشخص علامة معادلة، أو ربما، علامة أكثر تطوراً، وهذه العلامة التى تخلقها يسميها بيرس باسم المفسرة *Interpretant* للعلامة الأولى. كانت شروح العلماء العرب لكتب الإسكندرانيين، تمثيلاً لا حصراً، شرط معرفة المفسرة *interpretant* التى نقل معها التراث اليونانى وفيه. فالمفسرة *interpretant*، غير محايدة. بالإمكان تفسير المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس، تمثيلاً لا حصراً، بشكل هندسى أو بطريقة جبرية. فابن الهيثم، تمثيلاً لا حصراً، فسر المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس تفسيراً هندسياً فى حين قدم الكرجى ومن بعده السموأل المغربى، التفسير الجبرى للمقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس. وهذا هو الاختلاف فى تفسير تاريخ الرياضيات. وهو الاختلاف فى الجواب على السؤال : ما الهدف من الرياضيات؟ هناك جوابان ممكنان على هذا السؤال : إما الجواب بالتفسير، أى بالقول بأن الهدف من الرياضيات هو تفسير مجموع القوانين القائمة، إما الجواب بامتناع التفسير، أى بالقول بأن الهدف من الرياضيات هو تلخيص والتصنيف المنطقى لمجموع القوانين من دون تفسيرها. بعبارة أخرى، هل اقتصر ابن الهيثم، والكرجى، والسموأل، وغيرهم من الرياضيين فى اللغة العربية، على تلخيص كتاب "الأصول" لأقليدس، أم فسروه، أى أضافوا إليه الجديد؟

إن النظريات العلمية، عند رشدى راشد، عبارة عن "بنيات"، إذ يعيد رشدى راشد كتابة تاريخ العلوم العربية بمعنى أنه يعيد تركيب بناها النظرية^(٤١). ولا بد لنا أن نعرف معنى "بنية العلم". لقد مضت مائة وخمسة وعشرون سنة والمناقشات تدور حول كلمة بنية. هناك بنىويات عدة : بنىوية تكوينية، بنىوية ظاهرية... وهناك، كذلك، بنىوية مدرسية تتلخص فى عرض خطة الأثر العلمى المعين. فبأى بنىوية يتعلق الأمر؟ كيف بالإمكان بلوغ البنية من دون الاستعانة بالنموذج المنهجي؟ ماذا تكون، إذن بنية العلم؟ للبنىوية بُعد إطلاقى يتعالى على الذات. لكن رشدى راشد يكتب سير العلماء. فقد كتب سيرة "الفارسي"، تمثيلاً لا حصراً، فى "قاموس السير العلمية"، المجلد السابع، نيويورك : سكرينر ، ص ٢١٢-٢١٩، فى اللغة الفرنسية، وسيرة "الكرجى"، فى "قاموس السير العلمية"، الجزء السابع، نيويورك : سكرينر، ١٩٧٣، ص ٢٤٠-٢٤٦ (فى اللغة الفرنسية)، وسيرة "إبراهيم ابن سنان"، قاموس السير العلمية، المجلد السابع، نيويورك : سكرينر، ١٩٧٣، ص ٢-٣ (فى اللغة الفرنسية)، وسيرة "الكندي"، تأليف مشترك، قاموس السير العلمية، المجلد الخامس عشر، نيويورك، سكرينر، ١٩٨٠، ص ٢٦٠-٢٦٧، فى اللغة الفرنسية، وغيرها من السير العلمية فى القواميس والموسوعات العالمية. على أن رشدى راشد يعتمد المسلمات البنىوية الأساسية، ومن بينها مسلمة أولية التزامن البنىوى على التعاقب التاريخي. لأن الأنظمة أكثر معقولة من التغيرات التى تصيبها. وبالتالي فإن دراسة تاريخ العلوم لا بد أن ينهض فى أفق النظرية التى تتولى وصف الحالات التزامنية للنظام. فإن هذه المسلمة هى الأساس الذى استندت إليه النزعة التاريخية فى القرن التاسع عشر الميلادى فى الغرب. المسلمة الثانية التى تبين من تاريخ رشدى راشد البنىوى للعلوم العربية هى أن هناك شبكة محدودة ونهائية لوحدات منفصلة. وقد قرن رشدى راشد بين البحث اللغوى العربى الكلاسيكى فى الأنظمة الصوتية وتحولات الجبر والتحليل التوافيقي. طبق العلماء التحليل التوافيقي فى ميدان الجبر والدراسات اللغوية والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى، شرع جاك برنوللى ومونمور فى صياغة التحليل التوافيقي فى أفق العلم الجديد ومسائل التجزئة لمجموعة وقائع من دون مجموعة الأعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا بعض طرائق هذا التحليل واستخدموها. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقي. وكان العلماء العرب يفككون عناصر تصور التحليل التوافيقي. وفى حين أن الجبرى كان لا يرى فى وسيلة عالم اللغة وسيلته الخاصة ، فإن عالم اللغة كان يجهد من جهته فى ابتكار ما سبق للجبرى أن امتلك عناصره. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية. ولم يدل دلالة خاصة على التحليل التوافيقي. فبدأ عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقاً توافيقية اكتشافاً تلقائياً. فاعتماد علم الصوت على وحدات تمييزية صغرى هى ما يسميه علماء الصوت بالفونيمات، ووضع هذه الفونيمات فى جداول اختبار تبادلى للتمييز بين الوحدات

الصوتية، صوتيا ودلالياً، هو الذى جعل علم الصوت يتصدر البحث اللغوى فى الدراسات البنيوية. والمسلمة البنيوية الثالثة هى أنه ليس لأية مبرهنة فى نظام معين معنى مستقل بذاته، بل هى تستمد معناها من النظام ككل. المبرهنة المفردة ليس لها معنى فى ذاتها، بل تستمد معناها من المبرهنات والبراهين والنظريات والقوانين الأخرى المجاورة لها فى السياق الذى ترد فيه. والمسلمة البنيوية الرابعة هى اكتفاء العلم بذاته، وافتراض رشدى راشد انفصام العلاقة بين العلم والواقع الخارجى، وهذا الانفصام يجعل الأنظمة العلمية أنظمة مغلقة، وهو ما يسميه باسم "الانغلاق المعرفي". وبالتالي فلا علاقة مباشرة للعلم بالخارج. وهذه المسلمة تكفى لو سم التاريخ البنيوى للعلوم بأنه نمط كلى من التفكير، يتخطى الشروط المنهجية كلها، إذ لم يعد العلم يظهر بصفته يتوسط بين النظريات والأشياء، بل تشكل العلوم عالمها الخاص بها، الذى تشير فيها كل وحدة منه إلى وحدة أخرى من داخل هذا العالم نفسه فى ضوء الفروق والمتشابهات فى النظام العلمى نفسه. وبعبارة وجيزة، لم يعد العلم يعامل بصفته "صورة اجتماعية"، بل صار نظاماً مكتفياً بذاته ذا علاقات داخلية وحسب. لقد أصبح العلم، فى هذه البنيوية المغلقة، وساطة بين علامات وعلامات، ولم يعد وساطة بين العلم والعالم الخارجى. وعند هذه النقطة بالضبط تختفى وظيفة العلم بصفته خطاباً.

يعيد رشدى راشد صياغة بنية الممارسة العلمية، نظراً وتطبيقاً. ويكشف عن بنية الممارسة العلمية فى العلوم العربية، فى لحظة معينة، ثم يتتبعها. فالقصد من التاريخ البنيوى للعلوم إنما هو تتبع هذا العلم أو ذاك فى ذاته لبيان كيف أصبح على ما هو عليه فى عصر من العصور وما اعترضه من عقبات تغلب على بعضها أو كان لها الأثر البالغ فى تغيير مجراه وابتكار بنى نظرية جديدة. فعلى المؤرخ تتبع وصف البنى النظرية وظروف تكونها وأسسها. ويستقرئ المؤرخ ما طرأ على هذه البنية أو تلك من تحولات أدت إلى تعديلها أو الثورة عليها وإبدالها، كما يسعى إلى معرفة بنية تصور وشرح الظاهرة فى فترات محددة، وكيف نقلت هذه البنية من عالم إلى آخر، وما أضافه أو بدله كل منهم، أى كيف تم التراكم الداخلى من التناقضات والمكتسبات التى أدت إلى التحول؛ بيان عوامل البيئة التى تمت فيها هذه الظاهرة ومدى تأثيرها فى هذه الممارسة العلمية؛ معرفة الفترات المتعاقبة وبنية كل منها. من هنا فليس تاريخ العلوم جدولاً "زمنياً" للوقائع العلمية والأحداث العلمية. فركز رشدى راشد، فى إطار من تيار البنيوية الظاهرية *STRUCTURALISME* العلمية *PHENOMENOLOGIQUE* المعاصر، على التاريخ الوصفى الظاهراتى للبنيات، أى على تاريخ "العلاقات المعقولة للمعرفة". فموضوع تاريخ العلوم ليس موضوعاً معطى^{٤٢}. فالمقصود فى الظاهرية هو الوصف وليس التعليل ولا التحليل. ذلك هو أول الفروض التى فرضها رشدى راشد على الظاهرية.

ولتدرك هذه الأزمة^(٤٢) كما سماها إدmond هوسرل، فى العلوم الأوربية (١٩٣٧)، أقام إدmond هوسرل، منذ مطلع الربع الأول من القرن العشرين تقريباً، بحثاً مجدداً هو الفينومينولوجيا /الظاهراتية.

و انتبه رشدي راشد أول ما انتبه إلى هذه الحقيقة : وهي أن هناك هوة بين البنية المنطقية للنظريات العلمية وتاريخ النظريات العلمية، وأن من بدأ بحثه بالتاريخ لن يدرك أبداً، ماهية النظريات العلمية. وليس معنى هذا، التخلي عن فكرة التاريخ، وإنما ينبغي إفساح المجال للبنية المنطقية للنظريات العلمية، بل يتعين الاعتراف بأن البنية المنطقية للنظريات العلمية وحدها هي التي تتيح المجال لتصنيف وقائع التاريخ وفحصها. فما لم نرجع ضمناً إلى للبنية المنطقية للنظريات العلمية نفسها ، لاستحالة علينا أن نكتب تاريخ العلوم بين الحشد الزاخر من النظريات العلمية والقوانين العلمية والمبرهنات وغيرها من بنيات العلم.

ح- وضع المؤرخ أمام ذاته وثقافته

مادامنا قد عدنا عودة ضمنية إلى ماهية العلم، فإن الفنونولوجية تقضى بتحديد مضمون هذه النظريات بوساطة المفاهيم. ثم إن فكرة العلم، بالنسبة إلى الفنونولوجية، لا يمكن أن تكون مفهوماً تجريبيًا ناتجًا عن التعميمات التاريخية، بل إننا في حاجة إلى الاستعانة ضمناً بنظريات العلم كما نهى لتعميمات المؤرخ على شيء من الرسوخ. وفضلاً عن ذلك، لا يمكن اعتبار تاريخ العلوم نقطة للبدء إذا نظرنا إليه بوصفه علماً يفحص في بعض النصوص والمبرهنات العلمية. ذلك لأن النظريات العلمية التي نجدها أمامنا ليست وقائع أولى تماماً، وإنما هي في جوهرها استجابات المؤرخ للمادة النظرية. ومن ثم فهي تفترض المؤرخ والمادة التاريخية ولا يمكن أن تكتسب معناها الحقيقي ما لم يوضح بادئ ذي بدء هذان المفهومان. فإن أردنا أن نقيم تاريخ العلوم، تعين علينا أن نتخطى ما هو نفسي، أن نتخطى وضع المؤرخ في التاريخ. يرقى المؤرخ إلى مصدر العلم والعالم جميعاً ألا وهو التاريخ المتعالي والتكويني الذي يتوصل إليه من طريق "الاختزال الفينومينولوجي" أو "وضع التاريخ بين قوسين". ذلك هو العلم الذي ينبغي تحليله، وأن ما يعطى قيمة لإجاباته. فهو أنه العلم الذي ينتمي الباحث بالذات إليه، لغوياً وثقافياً : العلم العربي.

من هنا، كان لا بد من حل مسألة هذا القرب التام للشعور بالنسبة إلى ذاته. ولكن رشدي راشد يمتنع عن تحليل هذا الشعور عن الوقائع، وإلا لواجه في المستوى المتعالي ما في تاريخ العلوم من مصادفة. فهو يصف النظريات وصفاً يتعالى فيه على فوضى الوقائع المتفرقة، ويستعين فيه بالمفاهيم. ففينومينولوجيا العلوم العربية تدرس العلم بعد "وضع التاريخ الغربي/العربي السائد للعلوم بين قوسين".

إن ما يميز كل بحث في التاريخ عن سائر أنماط المسائل الدقيقة، فهو هذه الواقعة الفريدة وهي أن العلم الإنساني هو علمنا نحن. إن العلم الذي يحلله رشدي راشد هو العلم المكتوب في اللغة العربية. وكيثونة هذا العلم هي كيثونة الباحث. وليس عرضاً أن تشارك اللغة العربية التاريخ الإنساني للعلم. يضع رشدي راشد العلم المكتوب في اللغة العربية الكلاسيكية في موضع التاريخ الإنساني الشامل للعلم. وأبناء الضاد بذلك لا

يتلقون العلم من خارج كما هو شأن الحجر. لم يعد العلم العربى مميزًا خارجيًا للتاريخ الإنسانى للعلم، بل هو نحو وجوده. ويقدم رشدى راشد المقاربة الوجودية للكيان والكينونة والكائن فى إطار الفلسفة الرياضية، كما نوضح ذلك فى الباب الثالث من هذا الكتاب.

وأول التحولات التى يتخذها المؤرخ الوضعى -وهو رشدى راشد- هو النظر فى حالة العلم على نحو يجردها من كل مدلول. فحالة العلم فى رأيه هى دائماً واقعة. وهى بهذا المعنى عَرَضٌ دائماً. بل إن هذه السمة العَرَضِيَّة هى أهم ما يتشبه به مؤرخ العلم الوضعى. وعلى العكس من ذلك، يرتضى المؤرخ الفينومينولوجى أن كل واقعة إنسانية هى فى ماهيتها تحمل معنى. فإذا جردتها عن معناها، جردتها عن طبيعتها كواقعة إنسانية. فمهمة المؤرخ الفينومينولوجى إذن هى دراسة معنى تاريخ العلوم. المعنى هو الدلالة على شيء آخر، والدلالة عليه بحيث إذا ما بسطنا المعنى، كشفنا عن الشيء المعنى نفسه. والعلم لا يعنى شيئاً فى رأى المؤرخ الغير الظاهري، لأنه يدرسه كواقعة، أى أنه يقطع الصلة بينه وبين كل شيء آخر. لذلك يصبح العلم خالياً من المعنى. ولكن إن صح أن لكل واقعة إنسانية معنى، فإن العلم، كما يدرسه المؤرخ الغير الظاهري، علم ميت.

ط- عودة إلى تصور رشدى راشد لتطور العلوم

حاول رشدى راشد، إذن، توضيح معنى تاريخ العلوم. فهو ليس عرضاً. لأن تاريخ العلوم ليس مجموعة من النظريات. بل هو تعبير خاص عن الكل التركيبى للعقل الرياضى العربى الكلاسيكى فى اكتماله ونقصانه معاً. وليس ينبغى أن يفهم من ذلك أنه معلول للواقع الإنسانى. وذلك لأن له ماهيته وأبنيته الخاصة وقوانين ظهوره ومعناه. رَدَن هذه الناحية يقتصر عمل رشدى راشد على وصف النظريات الرياضية وتحققها أو فشلها. وذلك أنه صف البنىوى هو عرض للمقلانيات (= وحدة الخصائص) المختلفة أو للبنى. فالسؤال الذى يثيره هو: "كيف يمكننا التصرف ضمن هذه الشروط لنستجلى مع تعدد الأسماء والكتابات والوقائع المحاور الخفية التى تطورت وفقها عقلانية أو بالأحرى عقلانية الرياضيات ذاتها؟" {التشديد من عندنا. و.غ.} (٣). ويتعارض البحث عن المحاور الخفية مع الظاهرات. يبقى أن هذا هو الخط القائد لعمل المؤرخ عند وصف "بنية العلم". من واجبات المؤرخ بوجه عام، وصف التقليد النصى أو ما يسميه رشدى راشد باسم التراث أو التقليد الموضوعى *TRADITION OBJECTALE* كما أن عليه أن يصف بناء التراث أو التقليد التصورى *TRADITION CONCEPTUELLE*.

و ليس رشدى راشد من أهل الظاهر *EXTERNALISTES* إنما هو من أهل الباطن، لا بالمعنى الصوفى، بل بمعنى القول بعدم وجود تاريخ للعلوم، إذا لم يضع الباحث نفسه داخل المعمل العلمى بالذات. من هنا تعدل

ابستومولوجيا رشدی راشد اللاعلم والأیدیولوجیا والممارسة السیاسیة والاجتماعیة. ومع أنه یرفض فکرة فلسفة التاریخ العلمی علی غرار ما صاغها توماس کون، أفلا یمثل تصویر رشدی راشد للنظریات العلمیة فی صورة "بنی معقدة" استلهاما لنظریة توماس کون فی البنی النظریة؟

لم یکن توماس کون المفکر الوحید الذی بنی مثل هذا التصور للبُنی. فقد قدم جول فیلمان تحدیدا للبُنی فی الریاضیات. وركز علی أهمیة نظریة المسائل (حسب عالم الریاضیات آبل) وعلی مبادئ التحدید (التحدید المتبادل، التام والمتدرج، حسب جالوا). وبین جول فیلمان کیف أن البنی هی الوسیلة الوحیة لتحقیق طموحات المنهج التکوینی الحقیقی، أی البنیوی. البنیویة إذن هی الإطار العام للتأریخ المعاصر للعلوم. لکن یبقی الفرق بین تصور رشدی راشد وتصور کل من توماس کون وجول فیلمان لتأریخ العلوم. فلا یمتغی رشدی راشد استخلاص نظریة للتطور التاریخی أو قانون عام للتطور التاریخی علی غرار فلسفة التاریخ العلمی عند أجست کونت، لیون برانشفیج، جاستون بشلارد، توماس کون... لکن ألا یمثل تقسیمه الجدید للفترات التاریخیة فی إطار مراعاة ما أتى به العلم العربی، أقول، ألا تمثل إعادة التقسیم نفسها نوعا جدیدا من نظریات التطور التاریخی للعلوم؟ ألا یمثل تقسیمه لفترات التاریخ العلمی، من جدید، درجة من درجات فلسفة تاریخ العلم؟

یراعی التقسیم الجدید، تقسیم رشدی راشد، ما أتى به العلم العربی. ویقوم علی صیاغة صورة أخرى للدور التأسیس للعلم الیونانی وللدور التجدیدی لعلم القرن السابع عشر المیلادی. فجوهر هذا التقسیم لیس الفترات ولا المراحل إنما العقلانیات. من هنا كانت أهمیة ما أسماه بالعلم الکلاسیکی وكأنه شیء *die Sache* مطلق یتجاوز الفترات ولا یتقید بها بل یدمج ویفسر. أین بدأت عقلانیة جدیدة؟ متى انتهت؟ إلی أی نظام خضعت؟

هذا التقسیم لیس نوعا جدیدا من نظریات التطور التاریخی للعلوم إنما هو، أساسیا، وسیلة للبیان. کیف ظهرت إمكانات عقلانیة جدیدة؟ کیف استمرت؟ کیف مانتت؟ وبعدها فهما للتطور التاریخی للعلوم کما یتضمن وصفا تاریخیا وفلسفیا وابستومولوجیا-معرفیا لا فلسفة للتاریخ، إذ ظلت "فلسفة التاریخ" مقرونة، إلی حد کبیر، بالطریق اللاهوتیة-المیتافیزیقیة فی النظر إلی التاریخ. إنه الانزلاق نحو الإقرار بمبدأ "الإطلاق" ثم الابتعاد عن ذلك إلی "النسبیه". فعلماء اللاهوت یضعون نصب أعینهم لحظة واحدة یعینون صفاتها العامة ویقولون إنها "مملكة الله". وطبیعی ما دامت منسوبة إلی الله أن تكون مملكة عادلة محضًا، أی أن یتساوی الخلق أمام باریهم. ولکن علماء اللاهوت بعد أن یفرضوا تلك اللحظة، یرجعون إلی واقع الحیاة الحاضرة فیجعلون قیاسها علی أساس نسبته من مملكة الله العادلة أو ابتعادها عنها. وحين تصدمهم متناقضات الواقع یقعون فی الفوضى، فیتطلعون إلی هذه المتناقضات بعین القاضی.

فإذا كانت فكرة التقدم قد مكنت الباحثين من توليد ميدان "العلم العربي" في تاريخ العلوم بالمعنى الحديث الذى تبلور في القرن الثامن عشر الميلادي، فإن رشدى راشد لا يصوغ فلسفة لتاريخ العلوم، لأن فلسفة التاريخ تقتضي، في ذاتها وجوهرها، النظر اللاهوتى للخلاص. فهل بالإمكان الاستغناء عن فكرة "العلّة الأولى" و"الغايات الأخيرة" التى سادت الثقافة الإنسانية؟ ذلك هو السؤال.

فليست الفترات التاريخية -الماضي، الحاضر، المستقبل- مقاييس أساسية في تصور رشدى راشد لتاريخ العلوم. ليس هناك بداية ونهاية ووسط. ليس تاريخ العلوم "حدثه" بالمعنى الشائع. وإذا كان لابد من إطلاق صفة "فلسفة التاريخ" على عمل رشدى راشد فإنه لا بد من الاستغناء عن المضمون اللاهوتى لفلسفة تاريخ العلوم عند رشدى راشد. فمنطق النظريات الرياضية وتاريخها ليسا من جنس واحد.

و قد سبق أن أشرنا إلى فصل رشدى راشد بين البنية المنطقية للنظريات العلمية وتطورها التاريخي. وسبق أن أشرنا كذلك إلى تصور رشدى راشد "لانعغلاق المعرفي" في الرياضيات تحديداً. فعند عتبة معينة أو مرحلة ما من تطور العلم ، يبرهن الرياضى مبرهنة جبرية بسلسلة من المبرهنات الأخرى التى كانت من مسلمات الرياضيات نفسها. هذا "الانعغلاق المعرفي" يؤسس للعلاقة بين العلم والمجتمع ويحدد بداهة لم ترد من قبل في العلوم الغير الرياضية. فالمنهج الظاهراتى في النقد التاريخى للعلوم يعرض للمخطوطات والنصوص والمؤلفات من دون الانتحاء إلى أية افتراضات حول علم الوجود (الانطولوجيا أو نظرية طبيعة الوجود) أو نظرية المعرفة أو نظرية العلم (الإبستمولوجيا أو نظرية طبيعة المعرفة والعلم).

من جهة أخرى، يأخذ الوصف التاريخي-المعرفي في الاعتبار الرياضيات العربية وامتدادها في اللغة اللاتينية. ويصل إلى وصف رياضى متسق بين القرن التاسع الميلادى وبدايات القرن السابع عشر الميلادى مما يحول دون الفصل التاريخى التقليدي-السياسى بين العصر الوسيط والعصر الحديث. فهو يصف محتوى جديداً لثنائية العصر الوسيط والعصر الحديث. من هنا رفض رشدى راشد، كما رفضت الإبستمولوجيا المعاصرة بوجه عام، الاختصار على التسجيل الزمني/الإخبارى للنتائج العلمية، بل دعا إلى تجاوز ذلك إلى كتابة تاريخ معيارى *EVALUATION* للعلوم. من هنا ظهر النشاط العلمى في صورة المسائل والمناهج والتصورات. ولم يقتصر تاريخ العلوم على الوصف. ولهذا يحتل تاريخ العلوم موقعاً متميزاً في المجرى العام للزمان. فالتاريخ الإخباري/الزمنى للآلات والنتائج يمكن تقطيعه وفقاً لحقب التاريخ العام. والزمن المدنى أو الاجتماعى لسير العلماء يتوافق مع الكل الاجتماعى. ولكن زمن حنول الحقيقة العلمية أو وقت التحقيق في الحقيقة فله مساره الخاص بكل علم على حدة. فالعلم ليس فقط مجموعة من النتائج إنما هو روح ومنهج، أى

مجموعة من المعايير والقيم والضوابط والمقاييس التي تفيد طريقتنا في الاقتراب من الظواهر بعامة. وهذه المعايير لا علاقة لها بالمعنى المعنوي أو الأخلاقي.

لا يقتصر رشدى راشد على سرد سير العلماء ووقائعهم ونتائجهم كما في "وفيات الأعيان" لابن خلكان أو "تاريخ حكماء الإسلام" للبيهقي أو "تاريخ العلماء والرواة للعلم بالأندلس" لابن الفرّضى أو "تاريخ علماء بغداد المسمى منتخب المختار" للسلامي أو "عيون الأنباء في طبقات الأطباء" لابن أبي أصيبعة أو "الفهرست" لابن النديم أو "تاريخ الحكماء" للقفطي أو "جامع العلوم والحكم" لابن رجب الحنبلي أو غيرها من المصادر العربية القديمة الأساسية في تاريخ العلوم العربية، بل لا يقتصر على إعادة قراءة سير العلماء السابقة. من هنا استبعد رشدى راشد النزعة النفسية *PSYCHOLOGISME* العربية القديمة في دراسة تاريخ العلوم. فليس تاريخ العلوم مجرد جمع لحياة العلماء. ويمثل السؤال : كيف تتولد نظرية علمية ما في عقل عالم من العلماء؟ سؤالاً قد يكون مهماً بالنسبة إلى علم النفس التجريبي لكن لا صلة له بتحليل المعرفة العلمية. من هنا يؤرخ رشدى راشد للممارسة المعيارية. يبحث عن الحقيقة في تاريخ العلوم العربية وفلسفتها. يبحث في قضايا العلم التي يمكن التصديق عليها أو تكذيبها. فالوقائع العلمية معيارية، يحكم عليها بالصدق أو بالكذب، أو بدرجة التقريب التي تتسم بها.

و يصل رشدى راشد ولا يفضل بين القرن التاسع الميلادي والقرن السابع عشر الميلادي. إن رياضيات القرن التاسع الميلادي تتصل برياضيات القرن السابع عشر الميلادي. مع ذلك فهو لم يكشف عن هندسة رنيه ديكارت، تمثيلاً لا حصراً، عند عمر الخيام أو شرف الدين الطوسي، إنما حدد الموضع الدقيق لتمييز هندسة رنيه ديكارت وحدائتها وصلتها بالتراث السابق عليها أو الروافد العديدة السابقة. ولم يعد الكلام التاريخي الساذج المعهود عن تأثر ديكارت بالأسلاف. كذلك أمكن رشدى راشد المقارنة بين الجبر والحساب العددي عند السموأل وأعمال سيمون ستفن في السياق نفسه كما أمكنه أن يقارن بين نظرية الفارسي في الأعداد ونظرية رنيه ديكارت في الأعداد، بين مناهج شرف الدين الطوسي في الحل العددي للمعادلات ومنهجيات فيات *Viète* في الحل نفسه، بين بحث الطوسي عن النهايات القصوى وبحث بيار فرما، بين بحث الخازن حول التحليل الديوفنطسي للأعداد الصحيحة وبحث باشيه دو ميزيريأك *Bachet de Méziriac*، بين رياضيات الخوارزمي وأبي كامل شجاع بن أسلم والكرجي ورياضيات ليونار دو بيز *Léonard de Pise* وبيار فرما *Fermat* الإيطاليين والرياضيات المتقدمة في القرن السابع عشر الميلادي. والأهم من ذلك، هو أن رشدى راشد قسم التاريخ العالمي للرياضيات تقسيماً جديداً، وبناء على الاتصال لا عن الانفصال بين القرن التاسع الميلادي والقرن السابع عشر الميلادي.

الهوامش

- ^(١) مصطفى نظيف، محاضرات ابن الهيثم التذكارية، المحاضرة الأولى، القاهرة، مطبعة فتح الله الياس نورى وأولاده بمصر، ١٩٣٩.ص٤٠. *جول* مصادر الدراسة العلمية المحض فى البحث الغربى-الأوروبى المعاصر
- ^(٢) *جول* مصادر دراسة تاريخ التراث الرياضى الإسلامى فى البحوث الاستشراقية الحديثة والمعاصرة : جان سوفاجيه، كلود كاين، ترجمة د. عبد الستار حلوجي، د. عبد الوهاب علوب، "مصادر دراسة التاريخ الإسلامى ، القاهرة، المجلس الأعلى للثقافة، المشروع القومى للترجمة، ٣١، ١٩٩٧، ص ١٦٩ .
- ^(٣) 'الكتاب المقدس"، أى كتب العهد القديم والعهد الجديد، وقد ترجم من اللغات الأصلية، دار الكتاب المقدس فى الشرق الأوسط، كتاب العهد الجديد لربنا ومخلصنا يسوع المسيح، وقد تَرجَم من اللغة اليونانية، "الرسالة إلى العبرانيين"، الإصحاح السادس، الآية ٢٠، ص ٢٥٨ . أنظر فى هذا الشأن : فراس السواح، "مغامرة العقل الأولى"، دراسة فى الأسطورة، دار الكلمة للنشر، بيروت-لبنان، ١٩٨٠ ؛ 'كان انشغال التاريخ على الدوام بمشاكل المنشأ والأصل أشد منه كثيرا بمشاكل الاضمحلال والسقوط. فحين ندرس أية حقبة، نبحث دوما عن بادرات ما ستجلبه الحقبة التالية [...] فانا طفقنا نبحث بغاية الجد عن مصادر الثقافة العصرية، حتى ليبدو فى بعض الحين وكأنما ما نسميه العصور الوسطى لم يكن إلا تمهيدا يمهّد لعصر النهضة [...] الثقافة العصرية، حتى ليبدو فى بعض الحين وكأنما ما نسميه العصور الوسطى لم يكن إلا تمهيدا يمهّد لعصر النهضة [...] وقد ظهر الآن أن الخلّة البارزة المشتركة بين المظاهر المتنوعة للحضارة فى تلك الحقبة متّصلة فى الأواصر التى تربط تلك المظاهر بالماضى، أكثر منها فى البذور التى تدخرها للمستقبل. ولا شك أن خير وسيلة لتقويم الأهمية المنوطة، لا بالفنانين فحسب، بل أيضا برجال الدين (اللاهوتيين) والشعراء ومؤرخى الحوليات والأمراء ورجال الدولة إنما هى بالنظر إليهم، لا على أنهم رواد لثقافة مقبلة، بل باعتبارهم عاملا على الوصول بالثقافة النديمة إلى غاية كمالها ونهايتها." (الأصل الهولندي) *Johan Huizinga, Herfstij der middeleeuwen, 1919*
- ^(٤) (الترجمة الإنجليزية1924 *of the Middle Ages, 1924* Johan Huizinga, *The waning*)
- ^(٥) *يوهان هويزينجا*، "اضمحلال العصور الوسطى"، الترجمة العربية بقلم : عبد العزيز توفيق جاويد، ط٢، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٩٨، ص ١١ .
- ^(٦) المرجع السابق، إنجيل وحناء، الإصحاح الأول، الآيات ٧-٨ ، ص ١٤٥ .
- ^(٧) ثلاث شهادات عن الا،تشرّاق والمعاصرة"، محمد أركون، جمال الدين بن الشيخ، اندريه سيكيل، حوار احمد المديني، محمد اركون. "التأمل الابستمولوجى غائب عند العرب"، مجلة الفكر العربى المعاصر، بيروت، الأعداد ٢٠-٢١-٢٢، صيف ١٩٨٢، ص ٨٤-٨٥ .
- ^(٨) محمد عابد الجابري، "تأوّر الفكر الرياضى والعقلانية المعاصرة"، بيروت، دار الطليعة، ١٩٧٦، ص٥٧ .
- ^(٩) محمد عابد الجابري، "تدّ العقل العربى"، "تكوين العقل العربى"، بيروت-لبنان، مركز دراسات الوحدة العربية، ط٣، ١٩٨٨؛ نقد العقل العربى (ندوة)/أحمد صدقى الدجاني، سعد الدين إبراهيم، محمد عابد الجابري، معن زيادة، السيد يسين، مجلة "المستقبل العربى"، ٧٠، ١٢/١٦٨٤، ص ١٢٨-١٥٠ .
- ^(١٠) 7) *Tullio GREGORY, Genèse de la raison classique de Charron à Descartes, traduit par Marilène Raiola, Paris, PUF, 2000, pp. 1-12 : La première crise de la conscience européenne : Une historiographie française encore vivace voudrait que tout commence avec Descartes (p.1). Préface de Jean-Robert Armogathe*
- ^(١١) إميل برهيهيه،تاريخ الفلسفة، ج٤، "القرن السابع عشر"، ترجمة جورج طرايشي، دار الطليعة، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٣ .
- ^(١٢) رشدى راشد، "تاريخ العلم والعطاء العلمى فى الوطن العربى"، فى مجلة "المستقبل العربى"، يصدرها مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، السنة ٨، العدد ٨١، نوفمبر ١٩٨٥، ص ٣٨ .
- ^(١٣) المرجع السابق، ص ٤٣ .
- ^(١٤) رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، بين الجبر والحساب"، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (١)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٩، ص ٤٩ .
- ^(١٥) جورج كونجيلام، "دراسات فى تاريخ العلوم وفلسفتها"، باريس، فران، ١٩٦٨، ١٩٨٣، المدخل موضوع تاريخ العلوم، ترجمه خليل أحمد خليل فى مجلة دراسات عربية العدد ١٢ أكتوبر ١٩٩١ ص ١٥-٢٦ . وقد رجعنا إلى هذه الترجمة وعدلنا فيها الكثير. ص ١١ من الأصل :
- ^(١٦) *Georges Canguilhem, Etudes dhistoire et de philosophie des sciences, Paris, Vrin 1983, P. 11.*
- ^(١٧) *Georges Canguilhem, Etudes dhistoire et de philosophie des sciences, Paris, Vrin, 198٠, P. 20-21.*
- ^(١٨) *Georges Canguilhem, Etudes dhistoire et de philosophie des sciences, Paris, Vrin, 1983, P. 21.*
- ^(١٩) *Michel Foucault, Les mots et les choses, V. Le continu et la catastrophe, pp. 158-163, Paris, Gallimard, 1966, PP. 158-176.*

والجدير بالذكر أنّ مشروع ميشيل فوكو بوجه عام كان هو البحث في "الانقطاع المجهول للمعرفة"، فالمعرفة بوصفها جال التاريخية التي تظهر فيها العلوم، هي حرة من النشاط التكويني، وهي حرة من الإحالة إلى الأصل أو إلى الغائية التاريخية-المتعالية، وهي حرة من الاستناد إلى الذاتية المؤسسة.

15) Gaston Bachelard, *La Formation de lesprit scientifique*, Paris, Vrin, 1993.

16) Immanuel Kant, *Anthropologie in pragmatischer hinsicht*, in Immanuel Kant Schriften zur Anthropologie, Geschichts-philosophie, politik und Padagogik 2, Werkausgabe Band XII Mit Gesamtregister Herausgegeben von Wilhelm weischedel, Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Insel Frankfurt Verlag, 1964,\$ 36, s. 499-505

17) Immanuel Kant, *Was heisst sich im Denken orientieren?*, in Kant Werke, Band 5, Insel Verlag wiesbaden, 1958, s. 265-283; Heidegger, *Was heisst Denken?*, Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1971.

18) Immanuel Kant , *Anthropologie in pragmatischer hinsicht*, in Immanuel Kant Schriften zur Anthropologie, Geschichts-philosophie, politiik und Padagogik 2, Werkausgabe Band XII Mit Gesamtregister Herausgegeben von Wilhelm weischedel, Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Insel Frankfurt Verlag, 1964, \$\$ 56-57, s. 546-553

19) Kant, *Kritik der Urteilskraft*, Felix Meiner Verlag, Hamburg,2001, \$ 46, s. 193

في شأن تحليل تصور العبقرية في العلوم والمعرفة والفن والاقتصاد بعامّة، أنظر أيضا : أفلاطون، محاورة "ليون" ION 333د-334د، محاورة "الجمهورية" ، الكتاب السابع؛ ماركس، "رأس المال"، نقد الإقتصاد السياسي، ترجمة أنطون حمصي، منشورات وزارة الثقافة، دمشق-سوريا، ١٩٧١، الكتاب الأول، نمو الإنتاج الرأسمالي، الجزء الأول، القسم الثالث، الفصل الثالث، الفصل السابع، إنتاج قيم الإستعمال وإنتاج فائض القيمة، ١- إنتاج قيم الإستعمال، ص ٢٨١-٢٩٣، /مصطفى سويف، "الأسس النفسية للإبداع الفني، في الشعر خاصة"، القاهرة، دار المعارف بمصر، ١٩٥١، ص ١٠٩-١٤٥؛ د. مصطفى سويف، العبقرية في الفن، القاهرة، دار القلم، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، الإدارة العامة للثقافة، المكتبة الثقافية، ١٩٦٠ .

٢٠) رشدی راشد، "نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها"، الموسم الثقافي السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٢-١٢٣ .

٢١) جيمس وستفال تومسون، جورج راويه، فرديناند سكيل، جورج سارتون، "حضارة عصر النهضة"، ترجمة د. عبد الرحمن زكي، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٦١، ص ١٠١ .

22) Alexandre Koyrè, *Du monde clos à lunivers infini*, Paris, Gallimard, 1962; *La révolution astronomique*, Copernic, Kepler, Borelli, Paris, Hermann, 1961.

٢٣) رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٩-٣٢ .

٢٤) رشدی راشد، "لاجرونج قارنا لديوفنطس"، في "العلوم في عصر الثورة الفرنسية"، "أبحاث تاريخية"، إشراف رشدی راشد، باريس، دار أليار بلونشار، ١٩٨٨، ص ٣٩-٨٦ (في اللغة الفرنسية).

٢٥) رشدی راشد، تاريخ الرياضيات العربية، مرجع سبق ذكره، ص ٢٣٥-٢٦٧ .

٢٦) بيار فرما، أعمال بيار فرما، ج١، نظرية الأعداد، نصوص ترجمها بول تانري، وقدم لها وعلق عليها رشدی راشد، ش. هوزال، ج. كريستول، ١٩٩٩ (في اللغة الفرنسية).

٢٧) عبد السلام بنعيد العالي، سالم يفوت، "درس الإبستمولوجيا"، سلسلة المعرفة الفلسفية، المغرب، دار تويقال للنشر، ١٩٨٥، ص ٦٩ .

٢٨) حول مصطلح الأيديولوجيا، أنظر: François CHATELET, (dir.), *Histoire des idéologies, trois tomes*, Paris, Hachette, 1978

- الأيديولوجيا الإسلامية، ج١، ص ٢٥٨-٣٥٠ : الإطار - العوالم الإلهية
- أيديولوجيا النهضة، ج٢، ص ٢٣١-٢٤٩ : الإطار - من الكنيسة إلى الدولة
- أيديولوجيا التقدم، ج٣، ص ١٩-٩٨ : الإطار - المعرفة والسلطة
- الأيديولوجيا ورؤية العالم Weltanschauung، ج١ ص ١١

مارتن هيدجر، "زمن صور العالم" (١٩٣٨)، في

Martin Heidegger, *Die Zeit des weltbildes* (1938), *Zusatze, in Holzwege, in Gesamtausgabe, I. Abteilung : Veröffentliche Schriften, 1914-1970, Band 5*, Vittorio Klosterman, Frankfurt am Main, 1977, S. 75-113.

Mario Bunge, *Ideology and science, in Lectures on philosophy and physics*, editor : Mourad Wahba, Cairo 1986, Faculty of education, Ain Shams university, pp. 105-114.

عبد الله العروي، "الأيديولوجية العربية المعاصرة"، قدم له المستشرق الفرنسي الراحل مكسيم رودنسون، نقله إلى العربية محمد عيتاني، بيروت-لبنان، دار الحقيقة، ط١، ١٩٧٠، ص ١٦٩-١٩٦ : اخفاقات النزعة الوضعية؛ مازق الايديولوجيا، مجلة الفكر العربي، بيروت-لبنان؛ مجلة الإنماء العربي للعلوم الإنسانية، إبريل-يونيو ١٩٩٢، العدد ٦٨، السنة ١٣ (٢)؛ "الفلسفة والايديولوجيا"، مجلة الفكر العربي، بيروت-لبنان، مجلة الإنماء العربي للعلوم الإنسانية، مايو-يونيو ١٩٨٠، العدد ١٥، السنة الثانية.

29) Jacques DHondt, *Lidéologie de la rupture*, Paris, PUF, 1978, pp. 5-24

٣٠) "منطق أرسطو"، ج٢، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠، ص ٣٥٥-٣٥٦ .

٣١) "منطق أرسطو"، ج٢، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠، ص٣٥٦-٣٥٧ .

٣٢) نظرية المسلمات فى العصور الوسطى:

Occam, Summa totius logicae, ed. Boehner, I, 70, 1967, traduction anglaise de la première partie avec une longue introduction philosophique dans : Loux, Ockhams theory of terms, university of Notre Dame Press, 1974; Guillaume De Sherwood, Introductiones in logicam, VII, ed. Lohr et al. in Traditio, 1983, traduction anglaise Kretzmann Minnesota Press; Pierre Despaigne, Tractatus called after Summule Logicales, ed. De Riok, Van Gorcum, 1972, Texte latin précédé d'une longue introduction historique en anglais; Thomas DAquin, De Ente et Essentia, text et traduction, ed., Capele, Vrin, 1967; Kretzmann, Kenny, Pinborg, The Cambridge History of later Medieval Philosophy; Boehner Ph., Medieval Logic : an outline of its development from 1250-c. 1400, Manchester, 1952; Henry D. P., Medieval logic and metaphysics, Hutchinson, 1972; Geach P. T., Reference and Generality, Cornell, 1962-1980; Karger E., Conséquences et in conséquences de la supposition vide dans la logique d'Ockham, Vivarium, XVI-1, 1978; LIBERA A. de, Sémantique Médiévale. Cinq études sur la logique et la grammaire au Moyen Age, Histoire, Epistémologie, Langage, III, 1, 1981.

نظرية المسلمات فى العصور الحديثة-الكلاسيكية العربية:

الخازن، "كتاب ميزان الحكمة"، ط١، مطبعة دائرة المعارف العثمانية بحيدر آباد الدكن، ١٣٥٩هـ، ص ٦ : "إن لكل صناعة مبادئ تبتنى عليها ومصادر تستند إليها من جهلها خرج عن طبقة من يخاطب فيها."

33) G.W.F. Hegel, Enzyklopadie der philosophischen Wissenschaften (1830), Felix Meiner, Verlag, Hamburg, 1991, S. 33.

٣٤) جاك ديريدا، "النفس، ابتكارات الآخر"، باريس، دار نشر جاليليو، ١٩٩٨، ص ٢٦-٢٧

Jacques Derrida, Psyché, Invention de l'autre, Paris, Galilée, 1998, pp. 26-27.

35) Kurt von Fritz, Grundprobleme der Geschichte der antiken wissenschaft, walter de Gryter, Berlin, New York, 1971, s. 1-14: 1. Allgemeine Grundlagen und Voraussetzungen.

٣٦) ج. كروثر، "العلم وعلاقته بالمجتمع"، ترجمة د. إبراهيم حلمى وأمين تكللا، القاهرة، لجنة القاهرة للتأليف والنشر، من دون تاريخ ؛ ج. ج. كراوذر، "صلة العلم بالمجتمع"، ترجمة حسن خطاب ومراجعة د. محمد مرسى أحمد رئيس قسم الرياضيات بكلية العلوم بجامعة القاهرة، وزارة التربية والتعليم-قسم الترجمة-إدارة الثقافة العامة، القاهرة، مكتبة النهضة المصرية، من دون تاريخ.

37) Jean Cavaillès, Philosophie mathématique, Préface de Raymond Aron, Paris, Hermann, éditeurs des sciences et des arts, Collection Histoire de la pensée, 1962, p. 274.

٣٨) على أدهم، "بعض مؤرخى الإسلام"، سلسلة الثقافة العامة، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ١٩٧٤ . أنظر أيضا : جورج طرابيشي، "مذبحة التراث فى الثقافة العربية المعاصرة"، بيروت-لبنان، دار الساقي، ١٩٩٣، ص ٥١-١٢٨ : ٣- المذبحة النظرية : التيار العلمى، - النموذج العلمى البراجماتى، - النموذج العلمى الاستمولوجى؛ د. طيب تيزيني، الفكر العربى فى بواكيره وأفاقه الأولى، مشروع رؤية جديدة للفكر العربى فى ١٢ جزءا، ط١، ١٩٨٢، ص٩ : "من "وهم الجاهلية" إلى مصطلح "التاريخ العربى."؛ د. هشام جعيط، الشخصية العربية الإسلامية والمصير العربى، نقله إلى العربية د. المنجى الصيادى وقام المؤلف بتدقيقه وتنقيحه، بيروت-لبنان، دار الطليعة، ط١، ١٩٨٤، ص ٢٨- : "العالمية العربية الإسلامية فى العصر الكلاسيكى."

٣٩) إرنست كاسيرر، "فى المعرفة التاريخية"، ترجمة أحمد حمدي محمود، مراجعة على أدهم، دار النهضة العربية، من دون تاريخ، ص ٢١ . أنظر أيضا فى شأن المعرفة التاريخية بوجه عام : إدوارد كار، ترجمة ماهر كيالى وبيار عقل، "ما هو التاريخ؟"، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠، مراجعة رشاد بيبي؛ د. طريف الخالدي، "بحث فى مفهوم التاريخ ومنهجه"، دار الطليعة، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٢؛ تاريخ البشرية، المجلد السادس، القرن العشرون، التطور العلمى والثقافى، ج٢، ١، "تطور المجتمعات"، إعداد اللجنة الدولية بإشراف منظمة اليونسكو، الترجمة والمراجعة عثمان نوية، د. راشد البراوي، محمد على أبو درة، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، ١٩٧١؛ تاريخ البشرية، المجلد السادس، القرن العشرون، التطور العلمى والثقافى، ج٢، ٢، "صورة الذات وتطلعات شعوب العالم"، إعداد اللجنة الدولية بإشراف منظمة اليونسكو، الترجمة والمراجعة عثمان نوية، د. راشد البراوي، محمد على أبو درة، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، ١٩٧٢؛ تاريخ البشرية، المجلد السادس، القرن العشرون، التطور العلمى والثقافى، ج٢، ٣، "التعبير"، إعداد اللجنة الدولية بإشراف منظمة اليونسكو، الترجمة والمراجعة عثمان نوية، د. راشد البراوي، محمد على أبو درة، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، ١٩٧٢؛ هنرى جونسون، ترجمة وتقديم د. أبو الفتوح رضوان، تدريس التاريخ، القاهرة، دار النهضة، ١٩٦٥

٤٠) المرجع السابق، ص ٢٢-٢٣ .

A. Corvisier, Sources et méthodes en histoire sociale, Paris, CDU et SEDES réunis, 1980. Les étapes de l'histoire structurale, pp. 16-28.

41) Wuef Dhund, Strukturalismus, Ideologie und Dogmengeschichte, Hermann Luchterhan Verlag, 1973.

42) Husserl, *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die tranzendente Phanomenologie*, Felix Meiner Verlag, Hamburg, 1982; Jan Patocka, *La crise du sens*, Tome 1, Comte, Masaryk, Husserl, Editions Ousia, 1985, pp. 19-37 : *La conception de la crise spirituelle de l'humanité européenne chez Masaryk et chez Husserl (1936)*"; Marc Richir, *La crise du sens et la phénoménologie*, Autour de la *Krisis de Husserl*, suivi de *Commentaire de Lorigine de la géométrie*, pp. 213-273, Chapitre : √ *La crise des sciences européennes et le sens de l'épistémologie phénoménologique 1-3 §§*

حول تصور الأزمة Krisis في العلوم الأوروبية (١٩٣٧) لإدموند هوسرل، أنظر :
Jan Patocka, traduction du tchèque par :Erika Abrams, *La crise du sens*, 1986, Marc Richir, *La crise du sens et la phénoménologie*, autour de la *Krisis de Husserl*, suivi de *Commentaire*, 1990; Jean-Toussaint Desanti, *Phénoménologie et praxis*, Paris, Editions sociales, 1963. Réédité sous le titre : *Introduction à la phénoménologie*, Paris, Gallimard, 1976; Peter Halley, *La crise de la géométrie et autres essais*, 1981-1907, Paris, Ecole Nationale Supérieure des beaux-arts, Collection : *Ecrits dartistes*, 1992.

حول تصور الأزمة KRISIS في العلوم الأوروبية (١٩٣٧) لإدموند هوسرل، أنظر في اللغة العربية:
محمد الماكري، "الشكل والخطاب"، "مدخل لتحليل ظاهراتي"، بيروت، المركز الثقافي العربي،
ط١، ١٩٩١ . أنظر أيضاً حول الأزمة : تشارلز فرنكل، أزمة الإنسان الحديث، ترجمة د. نقولا زياده، مراجعة عبد الحميد ياسين، بيروت-نيويورك، ١٩٥٩، وهو ترجمة للكتاب :

Charles Frankel, *The Case For Modern Man*, Harper and Brothers, New York, 1955, 1956.
٤٣) رشدی راشد، تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١١ .

الفصل الثانى

"الأساطير الأبستمولوجية" فى تاريخ العلوم

" إن مقصدنا ليس استعادة الحقوق المهضومة، ولا المعارضة بين علم أوروبي، وعلم، نزع بدورنا أنه شرقي، إنما كل ما نرمى إليه هو أن نفهم المغزى الكامن في وصف العلم الكلاسيكي بالصفة الأوروبية، وأن ندرك الأسباب التي تقف وراء هذا التحديد الجغرافي و"الانثروبولوجي"

رشدی راشد

هدف رشدی راشد إلى هدم الرؤية الأنثروبولوجية في تاريخ العلوم. وهو الاتجاه الغالب على البحوث الغربية المعاصرة، فيما يحاول بعض الباحثين العرب صياغته من جديد في إطار دراسة الثقافة العربية الكلاسيكية وفي إطار صياغة اتجاه إنساني عربي جديد.

I- هدم الرؤية الأنثروبولوجية

إذا أطلقنا اسم علم الإنسان على بحث يستهدف الكلام على الإنسان المجرد وأحوال الوجود الإنساني الغربي وحده، فإن تاريخ العلوم بل تاريخ العلوم الإنساني لا يكون، عند رشدی راشد، ولن يكون تاريخ علوم البتة. فرشدی راشد لا يقصد إلى وضع مسلمات بحثه أو تحديدها بصفة أولية، كما سبق أن أشرنا في الفصل الأول من هذا الباب. ولا يتصور الإنسان بصفة مجردة إنما هو يتصور تصورا عقليا. ففي التاريخ الكلاسيكي عدد من العلوم الغربية والعربية تنسم في منظور رشدی راشد الجديد، بسمات متماثلة. ويقيم رشدی راشد البرهان على الرابطة الموضوعية بين هذه العلوم وتلك، كما أسلفنا في الفصل الأول من هذا الباب. تظهر العلوم في مجتمع، وتكتب في إحدى اللغات، وتختلف الشواهد والآثار والمخطوطات. ولكن المؤرخ الأنثروبولوجي لا يورط نفسه. فهو يجهل إن كان تصور الإنسان ليس احتماليا. هذا التصور قد يكون شموليا تماما. فما يدرينا أن كان من الممكن إدراج العلم العربي في الطبقة العليا للعلم الكلاسيكي المتحضر. وقد يكون هذا التصور محدودا تماما. فما يدرينا أن ليس هناك هوة تفصل بين العلم العربي الوسيط والعلم الغربي الكلاسيكي. فإن مؤرخ التاريخ الأنثروبولوجي يأبى على نفسه أن يعتبر أن ما يحيط العلم الكلاسيكي الغربي من النتائج العلمي شبيها به في الرياضيات العربية.

إن فكرة التشابه هذه تبدو ملتبسة، مع أنها توجه تاريخ رشدی راشد للرياضيات العربية وفلسفتها. يعترف المؤرخ الأنثروبولوجي في نطاق التحفظات السالفة الذكر، بإنسانية العلم العربي، أي بأن العلم العربي جزء من تاريخ العلوم بعامة. ولكنه يرى أن صفة الإنسانية هذه مضافة إليه إضافة لاحقة، وأنه ليس بالإمكان، من حيث أنه عضو في هذه الطائفة، أن يصبح موضوع درس خاص، اللهم إلا لسهولة التجارب. فمعرفة بأنه علم مستمدة إذن من الآخرين ولن تتجلى له طبيعته الإنسانية بصورة خاصة بزعم أنه هو نفسه موضوع

الدرس. فإذا قدر لمفهوم دقيق عن الإنسان أن يظهر يوماً ما، فلن يمكن تصور هذا المفهوم إلا بوصفه خاتمة علم تام ، أى أنه مؤجل إلى ما لا نهاية. وهو إذ ذاك لن يكون إلا مسلمة واحدة لربط المجموعة اللامتناهية من المخطوطات المكتشفة وتنسيقها.

وقد حد تشارلز سوندرس بيرس (١٨٣٩ - ١٩١٤) المسلمة بأنها مجموعة النتائج التجريبية التى تقبل التنبؤ. من هنا ليس بالإمكان صياغة فكرة الإنسان إلا على شكل مجموعة الوقائع المسجلة التى تؤسس لهذه الفكرة ولتوحيدها. وإن استخدم بعض مؤرخى العلوم مع ذلك تصوراً معيناً عن الإنسان قبل أن يصبح هذا التركيب النهائى ممكناً ، فهم يصدرون فى ذلك عن دافع أيديولوجى خالص بوصف هذا التصور شعاعاً هادياً بحيث يتعين عليهم أولاً ألا يغيب عنهم البتة أننا بصدد تصور منظم للتجربة. وينجم عن كل هذه التحفظات أن مؤرخ العلوم، من حيث ادعائه أنه مؤرخ ، لا يقدر أن يمدنا إلا بمجموعة من الوقائع المتفرقة التى لا تربط بين معظمها رابطة ما. فتقرب الواقعة إنما يعنى ترقب واقع منعزل، وتفضيل العرض على الماهية، والحادث على الضرورى، والفوضى على النظام، صدوراً عن نزعة وضعية، ومعناه رفض الجوهر رفضاً تاماً وأرجائه إلى المستقبل. ولقد فات مؤرخى العلوم أنه من المحال الوصول إلى الماهية من خلال تجميع غير منظم للمبرهنات والبراهين والنظريات والقوانين.

وقد يقال إن هذا هو منهج العلوم الطبيعية وطموحها. لكن لا تهدف علوم الطبيعة إلى معرفة وحدة العالم، بل إلى معرفة شروط إمكان بعض الظواهر العامة. فقد تبدد منذ أمد طويل تصور العالم هذا نتيجة لنقد علماء المناهج. لكن ليس من المحال، كما سألين فى الباب الرابع من هذا الكتاب، الجمع بين تطبيق الرياضيات على العلوم الاجتماعية والإنسانية، والأمل فى الكشف عن معنى العالم. ينبغى على مؤرخ العلوم التسليم بأن العلم بمعناه الإنسانى العريض بعيد المنال. والحق أنك تستطيع أن تمنع النظر فى هذه الظواهر، وفى التصور التجريبى الذى نكوّنه عنها وفقاً لتعاليم مؤرخى العلوم وأن تقبلها على جوانبها كلها، فلن تكتشف أية رابطة جوهرية بين وقائع تاريخ العلوم. ومع ذلك فإن مؤرخ العلوم يعترف بأن لتاريخ العلوم وقائع لأن ذلك هو ما تلقنه التجربة إياه. وهكذا يكون العلم عرضاً أولاً وبالذات تفرد له كتب تاريخ العلوم فصلاً يأتى فى أعقاب فصول التاريخ السياسى الأخرى.

أما دراسة شروط إمكان تاريخ العلوم، أى التساؤل عما إذا كان بنيان الواقع العلمى نفسه يجعل تاريخ العلوم ممكناً، وعلى أى نحو يجعله ممكناً، فذلك ما يبدو لمؤرخ التاريخ التقليدى أمراً بلا جدوى. ففيما البحث فى إمكان تاريخ العلوم ما دام تاريخ العلوم قد قام منذ القرن الثامن عشر الأوروبى؟

يلجأ مؤرخ التاريخ التقليدي إلى التجربة لتحديد معالم الظواهر العلمية وتعريفها. وإذ ذاك فقد ينتبه إلى أن لديه حقاً فكرة عن العلم ما دام يضع ، بعد معاينة الوقائع والمخطوطات والوثائق والنصوص، حدّاً فاصلاً بين العلم والأنثروبولوجيا. كيف بإمكان الخبرة أن تمدّه بمبدأ للتمييز إن لم يكن لديه المبدأ سلفاً؟

تهدم بحوث رشدي راشد الأطروحة القديمة حول الفرق النهائي بين العقلية البدائية والعقلية المتحضرة. فقد عاد العلم لا يقبل بالفروق الجوهرية بين الفكر الهمجي والفكر المنطقي. لم يعد هنالك سوى فروق في الاستعمال وفي تحديد أهداف البحث. وليس من شك في أن عبارة "العلم الغربي" تثير في ذهن الباحث أكثر من سؤال : هل هناك علم "خاص" بالغرب، من دون غيرهم؟ أليس العلم خاصية عامة تميز الإنسان بعامة، لا الإنسان الغربي بخاصة؟ هل يتعلق الأمر بذلك الفرق الذي أقامه بعضهم بين العقل السامي، التجريبي، الغيبي، والعقل الآري، التركيبي، العلمي؟ أم أن الأمر يتعلق بسر من أسرار اكتشافه الغرب في نفسه، يقرأ فيه عبقريته وأصاليته ؟ لقد كان بالإمكان أن نجتنب مثل هذه الأسئلة الاستهلاكية لو أن مؤرخ العلوم الأنثروبولوجي لجأ إلى كلمة "فكر" بدل كلمة "علم". فكلمة "الفكر الغربي"، تمثيلاً لا حصراً، تعني مضمون هذا الفكر ومحتواه، أي جملة الآراء والأفكار والمثل الأخلاقية والمعتقدات والمذاهب والطموحات السياسية والاجتماعية التي يعبر عنها. وهذا بالضبط أحد أنواع الخلط الذي لا بد للباحث أن يجتنبه منذ البداية. هنالك فرق إذن بين "العلم الغربي" و"الفكر الغربي". الفكر الغربي هو ما يحمله من أفكار. وأما "العقل الغربي" فهو الأداة المنتجة لهذه الأفكار. وأما العلم الغربي فهو نتاج النشاط العقلي الغربي.

II- عصر النهضة العلمية

في ضوء الرؤية الأنثروبولوجية لتاريخ العلوم، صار من المتواتر أن الطريقة العلمية الحديثة لم تنشأ في تاريخ تطور الفكر الإنساني إلا في ضوء عصر النهضة في أوروبا، وينسب أكبر قسط من الفضل في إنشائها إلى العالم الإنجليزي "فرانسيس بيكون". فهو يعد -في ضوء الرؤية الأنثروبولوجية لتاريخ العلوم- أول من بيّن أن الطريقة في البحث هي اعتماد الخبرة ومشاهدتها وجمع المشاهدات وتبويبها وترتيبها، حتى يصبح بالإمكان، بالاستقراء، بلوغ المعلومات والنتائج. فطريقة البحث العلمي تبدأ بمشاهدة الأمور الطبيعية على ما هي عليه في الواقع وجمع الوقائع المشاهدة وترتيبها وتبويبها، لا لمجرد الجمع أو الترتيب أو التبويب، بل للبحث بتمحيص تلك الوقائع عن رابطة ترتبط بها، قد نسميها قانوناً طبيعياً أو قد نسميها نظرية علمية. ولا ينتهي الأمر بالكشف عن هذه العلاقة ، وإنما ننتج بالقياس النتائج. ثم يبحث الباحث عن صحة نتائج القياس ، هل هي مطابقة للواقع ؟ وان تحققت على هذه الصفة كان ذلك دليلاً على صحة تلك العلاقة ، التي هي القانون الجديد ، أو النظرية المرجعية أو النموذج الإرشادي *PARADIGME*. وإن خالفت نتائج القياس الواقع،

ومحصت تلك العلاقة ، عليها تقبل التعديل أو التنقيح بما يوفق نتائجها القياسية مع الواقع. وإن تبين قصورها نبذت وطرحت جانباً. وجرى البحث عن علاقة أخرى أصلح. وفي الكشف عن هذه العلاقة وتصورها وصوغها في الصيغة الصحيحة ، تتجلى ناحية من النشاط الفكري. ورائد الباحث في كل ذلك إقرار الوقائع من دون أن يكون لنزعة من النزعات، أثر يلونها بلون خاص. وأحياناً يستعان في الكشف العلمية بالمماثلة " *ANALOGIE* "، كما كان يعنى به في المنطق العربي القديم ، نقل الحكم من ظاهرة إلى أخرى تشبهها في أمر من الأمور. فيهتدى به على منوال المعلوم إلى معرفة المجهول. لكن البحث المعاصر يحاول أن يستغنى عن أسلوب التمثيل في التفكير. إن عناصر الطريقة العلمية الحديثة هي إذن كما هو معلوم: الاستقراء والقياس^٨ واعتماد المشاهدة أو التجربة.

أهمية العصر العربي في تطور العلوم وتقدمها

و لعل من أهم الأبحاث الحديثة في تاريخ العلوم أن هذه الطريقة في الأبحاث قد كشفت عن أهمية العصر العربي في تطور العلوم وتقدمها. وكان العلم بمعناه الصحيح - العلم المبني على المشاهدة والتفكير والذي يرمى إلى المعرفة من حيث هي بصرف النظر عن أى اعتبار "مادى" أو تطبيقي"- كان هذا العلم تتسب نشأته إلى عصر الإغريقى الذهبى من جهة، كما يرجع العلم بمعناه الصحيح إلى ما سمي باسم عصر النهضة الحديثة في البلاد الغربية، من جهة ثانية. في كتب أفليدس نفسه، تمثيلاً لا حصراً، مسائل تؤول إلى حلول هندسية لمعادلات الدرجة الثانية. فمن ذلك عملية قسمة مستقيم إلى جزأين بحيث تكون مساحة المستطيل المكون من المستقيم وأحد الجزأين مساوية للمربع المنشأ على الجزء الآخر. ولعل أول حل تحليلي لمعادلة الدرجة الثانية يقدر الباحث أن يجزم به يرجع إلى أيرن الذى عاش في الإسكندرية بعد ميلاد المسيح بقليل، ففي أحد مؤلفات أيرن المسمى باسم "مترىكا"، يكشف الباحث عن نص على أنه إذا علم مجموع جزئى مستقيم وحاصل ضربيهما علم كل من الجزأين. ففي مؤلفات بخرطيس في القرن الخامس قبل الميلاد نجد محاولات لتربيع الدائرة تؤول إلى حل المعادلة^(١) الآتية :

$$س^2 + \sqrt{\frac{2}{3}} س = 2$$

إلا أن أيرن لا يكتفى بالتدليل الهندسى في حل هذه المسألة -إذا علم مجموع جزئى مستقيم وحاصل ضربيهما علم كل من الجزأين- كما بحث أفليدس بل أورد المثال العددى الآتى :

$$144 س (14 - س) = 6720$$

من دون أن يضع ذلك على صورة معادلة. ثم يعقب أيرن على ذلك قائلاً إن الحل التقريبى هو

$$س = \frac{1}{2} \cdot 8$$

مما دل على استخدام طريقة تحليلية لحل المسألة. وفي كتاب آخر فى الهندسة، ينسب إلى أيرن، يكشف الباحث الحديث عن انفصال المسألة التحليلية عن الفكرة الهندسية^(٢).

ولقد بحث ديوفنطس-الذى عاش فى الإسكندرية فى القرن الثالث الميلادى-فى كتابه السادس من الحساب فى مسائل المثلثات القائمة القياسية (أى التى أطوال أو باقى أضلاعها أعداد قياسية) المعلوم فى مجموع المساحة وأحد ضلعى القائمة أو باقى طرحهما أو المعلوم فيها مجموع المساحة وضلعين (أو ضلع ووتر). وظهرت أمثال هذه المسائل فى مؤلف جبرى لأبى كامل شجاع بن أسلم أحد مؤلفى العرب فى القرن العاشر الميلادى. وعرف ديوفنطس الحل التحليلى لمعادلات الدرجة الثانية ذات المعاملات الموجبة ولو أنه لم يدرس أنواع تلك المعادلات بطريقة منظمة كما بحث الخوارزمي، وإذ جاءت كلها كنتائج لمسائل من نوع آخر. وحل ديوفنطس المعادلات التى من النوع :

أ س^٢ = ب س^٣ وليس : أ س^٢ = ب س^٣ ، كما ورد لدى تقديم على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد كتاب الجبر والمقابلة عام ١٩٦٨ .

و أورد أنه ينوى تخصيص مؤلف مستقل لبحث معادلات الدرجة الثانية. ولأهمية عصر ديوفنطس فى تطور الحل التحليلى لمعادلات الدرجة الثانية نذكر مسألتين من المسائل التى عالجه ديوفنطس.

- تنص المسألة الأولى على أن : "المطلوب إيجاد المثلث القائم الذى مجموع مساحته وطول أحد ضلعى القائمة فيه معلوم"، إذا فرضنا أن العدد المعلوم هو ٧ والمثلث (٣ س، ٤ س، ٥ س)، فإن س^٢ + ٣ س = ٧
- تنص المسألة الثانية على أن : "امطلوب إيجاد ثلاثة أعداد إذا علمت نسبة الفرق بين الأكبر منها والمتوسط إلى الفرق بين المتوسط والأصغر، وعلم أيضا أن مجموع أى عددين مربع كامل" ويؤدى به البحث فى حل هذه المسألة إلى المتباينة : ٢ م^٢ < ٦ م + ١٨

حيث م عدد صحيح. ومنها يصل إلى أن م ليست أقل من ٥ . وتدل طريقة حل ديوفنطس لهذه المتباينة على معرفته للطريقة التحليلية لحل المعادلة المناظرة: ٢ س^٢ = ٦ س + ١٨

و لقد ظهرت شروح عدة على أعمال ديوفنطس، قبل عمل رشدى راشد. ولعل أهمها من وجهة النظر الحديثة ما كتبته هباسيا ابنة ثيون الإسكندرية فى أواخر القرن الرابع أو أوائل القرن الخامس الميلادى، ومع أن كتاباتها كلها فقدت. ويعتقد البعض أن الانتقال من الوضع الهندسى إلى الوضع التحليلى لحل معادلات الدرجة الثانية وقع فى الفترة بين عصر أفليدس وعصر ديوفنطس.

فظهر جداول المربعات والمكعبات في بابل، والمتواليات الهندسية وقوى الأعداد في مصر، ونظرية فيثاغورس في الهند والصين، والحل الهندسي لمعادلات الدرجة الثانية قبل زمن أقليدس في اليونان، كل ذلك يعتبر تطورا إلى نشوء علم الجبر بمعناه الحديث. معروف، ودل ذلك على أن نشوء هذا العلم لم يكن تمرينا عقليا بل كان نتيجة للعمل المتراكم بمسائل الهندسة وخواص الأعداد.

من هنا قامت بحوث رشدي راشد على الشك في بعض "الأساطير الاستمولوجية" الأساسية في تاريخ العلوم، ومن بينها أسطورة الانتماء الغربي للعلوم من دون كراهية العقل الغربي ومن دون الشك المذهبي الذي يوصل إلى اللاحقية، إنما قامت منهجية رشدي راشد على نسبته تاريخ العلوم الغربية ضمن علاقة محددة بالرياضيات العربية وفلسفتها. من هنا فهو لا يقدم نقدا محضا للعقل الغربي كما قد يتصور بعضهم إنما هو قدم عملا لمنح الحق الطبيعي للرياضيات العربية وفلسفتها في تاريخ العلوم وفلسفتها.

لم يعد بالإمكان الشك في أن العلم الغربي لم يبدأ من الصفر. لكن الحس المشترك في الغرب والفهم السائد عند بعض الباحثين العرب أنفسهم قد عجزا عن إدراك المنجز العلمي العربي. لذا ينزع رشدي راشد نزوعا نحو الشك في ما أمكنه أن يسميه أيديولوجيا الانتماء الغربي للعلوم. وهو من هنا يقيم معرفته المغايرة على أساس من المعرفة السلبية-الجدل بوصفه لحظة قاطعة في قراءة تاريخ العلوم من جديد. إنها محاولة لرج هذه الأيديولوجيا. يتلوها زوال نسبي للشك. ثم تعقبها عودة إلى تاريخ آخر للعلوم. في ضوء هذا الفهم، ندرك أن تاريخ الرياضيات وفلسفتها عند رشدي راشد ليس عبارة عن عرضا للآراء. وهو ليس عرضا لتفكيكها أو بعثرتها أو فوضويتها إنما هو تاريخ بنيوي *HISTOIRE STRUCTURALE* للرياضيات العربية وفلسفتها.

وعلى حين قامت منهجية رشدي راشد على إقامة العلاقة بوجه مطلق، قامت أيديولوجيا الانتماء الغربي للعلوم منذ القرن التاسع عشر على الفصل. كانت هناك مجموعة من الأوليات في الدراسات التاريخية وطائفة من التصورات التاريخية المحددة وتوجيه غائي في مناهج التأريخ. بعبارة أخرى، قالت أيديولوجيا الانتماء الغربي للعلوم بأن العلم نشأ وتطور في غرب أوروبا وأمريكا والحضارة اليونانية والهلينستية والرومانية واللاتينية وفروع الحضارة اللاتينية وبأن التجديد العلمي الأول (العلم الكلاسيكي) قام في ما سمي باسم "عصر النهضة" بعد العصور الوسطى.

كانت أطروحة الحضارة اليونانية تقول بأن العالم ينقسم إلى قسمين متميزين. وكان "التجديد العلمي" في القرن السابع عشر وبدايات "العلم الجديد" تحمل البعد الفلكي في المقام الأول. هل لم يتغير أي شيء قبل القرن السادس عشر الميلادي وبدايات القرن السابع عشر الميلادي؟ ذلك كان السؤال الأساس.

إن القول بأن العلم الكلاسيكي هو في جوهره أوروبي وبأنه بالإمكان أن نؤصله في التراث اليوناني القديم، هذا القول لم يلحقه تغيير يذكر خلال القرنين الآخرين، مع كل ما شهدناه من تجديدات. فقد قبل أنفلاسة من دون استثناء - أو كادوا - هذا القول وأخذوا به كأساس لتعريف العقل الكلاسيكي نفسه. هكذا نرى عمانوئيل كانط (1724-1804) EMMANUEL KANT وأوجست كونت (1798-1857) (AUGUSTE COMTE)، والكانطيين الجدد والوضعيين الجدد، كما شاهدنا من قبل جيورج فيلهيلم فريدريش هيغل (GEORG WILHELM FRIEDRICH HEGEL) (1770-1831) ومن بعده إدموند هوسرل (EDMUND HUSSERL) (1859-1938)، والماركسيين، شاهدنا هؤلاء جميعاً يعتمدون هذه الفكرة أساساً يقيمون عليه تفسيرهم للحدثة الكلاسيكية الغربية.

لكن المدرسة السائدة في تاريخ العلوم اتجهت نحو إغفال دور مدرسة مراغة في علم الفلك، عند مؤيد الدين العرضي، ونصير الدين الطوسي، قطب الدين الشيرازي، ابن الشاطر الدمشقي. كان القول بالشمس في مركز الكون، في العصر الحديث، تجديداً.

III- تغيير صورة العلم

نهضت مبادئ نقولا كوبرنيكوس (١٤٧٦-١٥٤٣) في كتابه "دوران الأفلاك السماوية" *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543) وي. كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) من خلال تأسيسه "للمناظر الحديثة"، وتشكيله للفلك، الفيزياء، وأطروحة "مركزية الشمس"، في أعماله المعروفة "الغيب الكوني" (١٥٩٦) و"الفلك الجديد" (١٦٠٩) و"نظام العالم" (١٦١٩) وأسهمت في "تجديد" مبادئ علم الفلك التقليدي وصياغة الفلك كعلم رياضي ونجريبي. وتوسل العلم العربي تحديث بالمنهج العقلي، الفلسفي، القبلي، بوصفه المنهج القائد إلى التأسيس الفيزيائي لمركزية الشمس. دجزة أخرى، أقام نقولا كوبرنيكوس أن مركزية الشمس هي الفكرة الشرعية الوحيدة على مسنوى علم الهيئة. وعدل جزءاً من المبادئ الكونية التقليدية تعديلاً قليباً. وبين، في علم الهيئة الجديدة، إمكان مركزية الشمس. فمركزية الشمس هي الفكرة الوحيدة التي تطابق خواص العالم الأساسية، أي تطابق خاصتى الانسجام والتوازن.

تحول الفلك. وبدأ العلم "الجديد" على أساس من مبادئ كوبرنيكوس : حركات الكواكب وفكرة مركزية الشمس التي فرضت نفسها عام ١٥٤٣ في كتاب "دوران الأفلاك السماوية" *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543). لكنها لم تكن فكرة جديدة تمام الجودة. انقسم عمل نقولا كوبرنيكوس إلى ست كتب، وعدا الكتاب الأول، كل العمل على درجة عالية من التقنية. وكان محصلة حياته العلمية كلها، وكان تلميذه

ريتيكوس *Rheticus* قد أعلن عن قرب صدور العمل العملاق قبل الصدور بنحو ثلاث سنوات، في المختصر *NARTIO PRIMA*، فأدخل أفكار كوبرنيكوس عالم المثقفين.

كان المقصود عند نقولا كوبرنيكوس هو بيان أن النظرية الجديدة أفضل من النظرية القديمة في السياق التفصيلي لكل جسم سماوي على حدة، وأن النظرية الجديدة تقدم أساساً أفضل لحساب أحجام الحركات الكوكبية. وفي العام ١٥٥١ نشر عالم الفلك الألماني راينهولد *RHEINHOLD* "جداول" في ضوء دراسات كوبرنيكوس. وقد حلت الجداول محل جداول آفونسين القادمة من العصر الوسيط. مع ذلك كان عالم الفلك الألماني راينهولد *RHEINHOLD* من نقاد كوبرنيكوس، وممن كانوا يقولون بمركزية الأرض القديمة. غير أن راينهولد من خير الأمثلة الدالة على أساليب ذلك العصر.

أ- علم الهيئة عند بطليموس

كان بطليموس في القرن الثاني الميلادي يقول بفكرة مركزية الأرض، وقد كانت فكرته محصلة أعمال الفلكيين اليونان القدماء في تعليل حركات الأجسام السماوية. ومن قبله، كان أودوكس في القرن الرابع الميلادي يقول بنظام الأجسام السماوية ذات المركز الواحد، وهو التصور الذي اقتبسه أرسطو بعد ذلك التاريخ. وكان هراقليطس دو بون يقول بدوران أرضي حول الأرض لتعليل حركات النجوم الثابتة. وقال أريستارك دو ساموز بأطروحة أودوكس وأضاف إليها فكرة مركزية الشمس والثورة الكوكبية حول الشمس في السنة الواحدة. أما إبرخس، في القرن الثاني الميلادي، فقد أضاف حساب المتلثات لحساب الأجسام السماوية.

و استوعب بطليموس كل تلك النظريات. وأعاد صياغة نظام الحركات السماوية بلغة رياضية. وكانت فكرة بطليموس أن الأرض مركز الكون، واستعاد بطليموس^(٣) مبدأ أفلاطون، وقال بالحركات الدائرية الموحدة للأجسام السماوية، وبإمكانية التنبؤ بواسطة الحساب، وإن كان ذلك صعباً نتيجة اضطرابات الأجسام السماوية. وحدد بعض الإجراءات حول : (١) دوائر خارجة المركز أو *Excentriques*؛ (٢) أفلاك التدوير وهي دوائر مركزها ينتقل على دوائر مركزها خارج عن مركز الأرض أو *Epicycles*. إذن الدوائر التي مركزها خارج عن مركز الأرض أو *Excentriques* هي الدوائر الحاملة *DEFERANT* دوائر مركزها ينتقل على الدوائر التي يتحرك مركزها خارج عن مركز الأرض؛ (٣) أما دوائر *EQUANTS*، فهي دوائر تعديل المسير، وهي الدوائر التي يتحرك عليها مركز الحامل بحيث تكون حركة الكواكب مطابقة للأرصاء. وهذه الدوائر الثلاث هي أساس حركات الدوائر السماوية كافة. كان تعليل الحركة السنوية للشمس يفترض وصف الدائرة المائلة بنسبة ٢٣،٥ درجة عن فلك البروج. وأدى اختلاف المواسم إلى وضع مركز هذه الدائرة في

موضع نقطة تبعد عن مركز الأرض. وهذه هي إحدى الدوائر التي مركزها خارج عن مركز الأرض أو *Excentriques*. وتبين ملاحظة فينوس تغيرات في اللمعان، إذن لا يبقى فينوس على مسافة ثابتة من الأرض، كما يتحرك الزهرة تحركاً إلى الخلف. ولتعليل ذلك يفترض بطلميوس أن الزهرة يتحرك من الشرق إلى الغرب في شكل دائرة مركزها ينتقل على دوائر خارجة المركز منحرف عن مركز الأرض أو *Epicycle*، وحيث ينتقل مركزها في الوقت نفسه على حامل *DEFERANT* مركزه خارج عن مركز الأرض. ويدور فلك التدوير *Epicycle* حول الفلك الحامل *DEFERANT* في سنة واحدة. ويقع فلك التدوير *Epicycle* دوماً على الخط الواصل بين الأرض والشمس. وحركة فينوس على فلك التدوير *Epicycle* هي ٢٢٢، وبالنسبة إلينا، مسألة الأيام، لكي تدور فينوس حول الشمس، بحيث لا يبين الإجراء أن أيّاً من النقطتين *T* أو *O*. فالحركة التي يرسمها الكوكب فينوس ستكون موحدة.

و قد كان هذا الرسم نوعاً من الفضيحة، إذا جاز التعبير، بالنسبة إلى علماء الفلك القدماء. وقد يبدو أن هذا البناء ينفي ذلك المبدأ الذي استعملناه لكي نصل إليه. يلجأ بطلميوس لمبدأ مركز معدل المسير *EQUANTS*، أي إلى تلك النقطة التي يرى من خلالها الملاحظ للكوكب وهو ينتقل بسرعة زاوية ثابتة، وحتى إذا كان المبدأ وهمياً، فإننا نعيد التوافق بين البناء ومبدأ أفلاطون، ونمنحه نوعاً من الشرعية الوجودية. ويكون معنا بفضل مركز معدل المسير $OT = EQUANTS$. وبالنسبة للكواكب العليا، مثل كوكب المريخ، والمشتري، وزحل، يلجأ بطلميوس إلى المبدأ نفسه، وإن كانت فترة دوران فلك التدوير *Epicycle* تستغرق عاماً واحداً. أما الحامل *DEFERANT* فإن مركز فلك التدوير لكل كوكب يقطعه على حدة في وقت يعدل دورة كوكبية *SIDERALE*. وتبقى تقنية نقطة معدل المسير ضرورية.

و ظلت هذه الهيئة معتمدة - حتى القرن السادس عشر الميلادي والقرن السابع عشر الميلادي - بالرغم من التصويبات التي أدخلها علماء الفلك العرب حتى ابن الشاطر الذي كانت هيئته للأفلاك على ما يبدو بين يدي نقولا كوبرنيكوس. يشير علم العدد وعلم البصريات إلى كيفية انتقال العلم الهيلينيستي إلى ورثته من علماء المسلمين، عدا تعديل ورثة العلم الهيلينيستي من علماء المسلمين للعلم الهيلينيستي وتطويرهم، العميقين، له. ولقد كان الاتجاه النقدي الذي تميز به علماء اللغة - أو بالأحرى ما توافر لديهم من حرية عند دراستهم هذا التراث - هو ما أهمله المؤرخون كافة في تصورهم للعصر الوسيط. اعتقدوا أن العصر الوسيط كان يخلو من التجديد ويعوزه.

مع أن العلوم الدقيقة كلها اتجهت اتجاهها نقدياً بارزاً. ففي علم الفلك، كما في علم البصريات، لعب ابن الهيثم دوراً رئيساً، وذلك بما أصلحه في حقل البصريات عند ربطه بين العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية،

فضلا عن أنه لم يقتصر على الدراسة الهندسية لانتشار الضوء والإبصار ، وهذا المشروع يماثل المشروع الذى صاغه فى علم الفلك. فقد رفض ابن الهيثم المنهج الشهير - الذى عبر عنه العلماء اليونان تعبيراً كاملاً فى صيغة " إنقاذ الظواهر " - *SALVARE PHENOMENA* - وهو المنهج الذى يستند إلى النموذج الرياضى من دون المحتوى الفيزيائي. وقد كان النقد الذى وجهه ابن الهيثم لنظريات بطليموس معروفا من المغرب إلى المشرق ، أى من الأندلس إلى مراغة ودمشق. إن علماء الفلك المشرقيين ، كتقى الدين العوضى (ت ١٢٦٦) والطوسى (ت ١٢٤٧) والشيرازى (ت ١٣١١) وكذلك ابن الشاطر (ت ١٣٧٥) ، وقد وضعوا نماذج لحركة الكواكب تخالف النماذج البطلمية. كان ابن الشاطر يعمل كفلكى فى المسجد الكبير بدمشق ، أى كمؤقت. واخترع نموذجاً يتفق فى نواح عدة مع النموذج الذى وضعه كوبرنيكوس بعد قرن ونصف من الزمان. وقد قال المؤرخ " نوبل سويردلو " ، الذى نشر مؤلف كوبرنيكوس " *Commentarioturs* " : " من الممكن حقا أن نتساءل هل كان كوبرنيكوس قد فهم الخواص الأساسية للنموذج الذى وضعه بالنسبة لسير الجرم فى فلك التدوير ، وهو سؤال يرتبط ، بطبيعة الحال ، بسؤال مهم يتعلق بما إذا كان هذا النموذج من اختراعه الخاص أو أنه تلقاه بطريقة - لم يكشف عنها بعد فى الغرب - تخص وصفا لنظرية ابن الشاطر الفلكية. وأمىل ، من جانبى ، إلى الأخذ بالرأى الثانى ، وذلك لا لأنى أعتقد بأن كوبرنيكوس لم يكن بمقدوره القيام بهذا التحليل لظاهرة سير الجرم فى فلك التدوير التى يحتوى عليها نموذج بطليموس ، وإنما يعود ذلك بالأحرى إلى ما بين النماذج الكوبرنيقية والنظرية الفلكية السابق ذكرها من اتفاق فى القمر وسير الجرم فى فلك التدوير وتغير محور مدار عطارد ، وتكون حركة مستقيمة بواسطة حركتين دائريتين - وهو اتفاق يكشف عن قدر كبير من التشابه الملحوظ بحيث يصعب الإقرار بأن الأمر يتعلق باكتشاف مستقل " .

إن إسهام اللغة العربية فى تاريخ العلم ، كثيرا ما لا يعرف قدره ، وقد أسفر ذلك عن فراغ فى الكتب المدرسية فى تاريخ العلوم. وقد بسط البعض ، على نحو يعوزه التوفيق ، قرر بوجود رد فعل تقليدى ضد العلم الهيلينيسى فى القرن الثانى عشر الميلادى. وتبعاً لهذه الصورة اقتصر علماء العصر بالإبقاء على العلم الهيلينيسى كما هو. غير أنه من البين ، على العكس من ذلك ، أن كثافة البحوث العلمية فى الخلافة الإسلامية ، وما قامت عليه هذه البحوث من مناهج اتسمت بطابع مهم وابتكارى كان ضرورياً لفهم العلم الكلاسيكى ، ولا سيما لفهم علوم القرن السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادى - إن هى إلا دلائل على أن اللغة العربية لم تمثل على الإطلاق عقبة فى سبيل تطوير المعارف التى ما كان لها أن تقوم فى ظل ظروف أخرى.

كانت فكرة العالم اليونانى القديم المنقسم إلى قسمين منفصلين متوافقة مع ملاحظة السماء. وسادت هذه الفكرة حتى ظهور الفلك العربى ، ثم القرن الرابع عشر ، حيث قام نقد مدرسة أكسفورد وباريس ، وحتى عام

١٥٩٠، على وجه التقريب. أعادت مدرسة أكسفورد النظر في مشكلات الحركة التي كان أرسطو قد نظر لها من منظور صيغ تحقيقها، وصنفت الحركة المنتظمة *UNIFORM* في فئة السرعة، أي أنها تسارعها صار منتظماً *UNIFORM ACCELERATION*، وبعبارة أخرى، صارت الحركة المستوية تُعرَّفُ وفق معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن. وصاغت مدرسة أكسفورد تصور السرعة الحديث، وبلورت نظرية جديدة في حركة القذائف *projectiles*. لكنها لم تمس بنية الهيئة بوجه عام. ولم تمس، إذن، أساس الفلسفة الطبيعية المستمدة من أرسطو. ترك القرن السادس عشر الهيئة الأرسطية من دون تعديل، وأعدت كلية اليسوعيين الرومانية اكتشاف الفلسفة الطبيعية المستمدة من أرسطو. وظلت فكرة مركزية الشمس، حتى آخر القرن السادس عشر، افتراضاً بين فروع أخرى. كان لا بد من تعديل رؤية العالم نفسها، أي تعديل علمي الهيئة رالفلك.

كان علم الهيئة اليونانية القديمة إطاراً عاماً للعلم اليوناني. لكنه أجمل، ولم يفصل العلاقات الجزئية والمتبادلة بين المواد *SUBSTANCES* التي تعيش وتتفاعل في العالم السفلي. وليس هناك ما يمنع في علم الهيئة اليونانية القديمة من الكلام على "الانجسام السابق". كما ظهر بعد ذلك عند ليبينيتز في القرن السابع عشر الميلادي. لذلك فقد توج علم اللاهوت الفلسفة الطبيعية المستمدة من أرسطو : نظرية المحرك الأول. وفي ضوء الجوهر، والنظام الطبيعي، بدت الحركات والتغيرات العنيفة واقعية، لا تقبل الاختزال، ومتوافقة مع النظام الطبيعي نفسه. لكن، لماذا يغيب الضبط عن العلاقات بين الجواهر التطبيقية في العالم السفلي؟ لماذا ليس هناك من مبدأ يضبط العلاقات بين الجواهر ضبطاً تفصيلياً؟ هل تؤدي نظرية "الانجسام السابق ذلك؟

أمن علم الهيئة الأفكار الوجودية وكونها، كما أسس، فيزيائياً، لنجسم الثقيل. ولم يكف علم الوجود *ON-LOGIE*، لأنه مجرد انضمام من العالم الواقعي ومن الأجسام الملموسة. وعلم الهيئة الذي بناه أرسطو، والذي دام حتى ظهور العلم العربي، أي حتى القرن التاسع الميلادي على وجه التقريب، لم يكن ثمرة بحثه وحده. نشأت فكرة العالم المنسجم *KOSMOS* في ميليه في القرن السادس الميلادي، وصاغها للمرة الأولى أناكسيماندر، ثم تحولت تحولات عدة قبل أن تبلغ أرسطو. قامت فكرة نظام العالم منذ اليونان القدماء على أن نظام العالم يحكمه نظام عام، ووحدة بين الأجزاء والعلاقات المتبادلة، وضبط محايت للصيرورة الزمنية، ونظام مكاني. ومن ثم صار نظام العالم بنية ثابتة لعالم منظم، وكلا منظماً، وكلا متناهماً، تناظر في دائرته الأطراف المركز، وتقف الأرض ثابتة في مركز العالم. وأضاف أرسطو إلى هذا النظام الكوني، ستة اتجاهات محددة تحديداً مطلقاً، وهي اتجاهات ضرورية في تحليل الحركة وهي : إلى أو طرف العالم وحده، الأسفل أو مركز العالم، الأيمن أو جانب شروق النجوم، الأيسر أو جانب غروب النجوم، الأمام أو المسافة المقطوعة من اليمين إلى اليسار، الخلف أو المسافة المقطوعة من اليسار إلى اليمين. وهي بنية منظمة تتمتع بأولية منطقية، وبأسبقية زمنية بالنسبة للأجسام المادية.

فصل العلم الحديث، أوليا، بين الواقع وبين الطبيعة. وسلم العلم الحديث بأن مجموع الكواكب، بما في ذلك الأرض وما يدور في فلكها، تدور حول الشمس. وقد كشف العلم الحديث عن نظام فلكي، لكن صار تصور مركز الكون تصورا إشكاليا. تقع الأرض بين كوكبي فينوس ومارس، والقمر صار قريبا من الأرض ويدور في مداره. إذن، تغير نظام الأجسام السماوية. تدور الأرض دورة سنوية حول الشمس، إنما المحور ينحني عن هذا الدوران، ويتجه باتجاه القطب الشمسي، ويتأرجح محور الأرض وفق دورة واحدة كل ٢٦٠٠٠ سنة. والمسافة بين الكواكب والشمس تحدد الدوران حول الشمس. وعلل العلم الحديث ظواهر التقهقر *RETROGRADATION* ، تعليلا جديدا. وكانت المسألة عند كوبرنيكوس: كيف يتكون شكل الكواكب، وتحرك الأرض، وتبقى الشمس في المركز؟ ما شكل الكواكب الواقعي؟ ما حركات الأرض؟ ما معنى موقع الشمس؟ كيف بالإمكان الربط بين ثبات الشمس وحركتها؟

صارت الكواكب تتحرك دائريا. إذن بقي المبدأ الأفلاطوني القديم، رغم التحول الجديد في الفلك. كانت مركزية الأرض القديمة مرتبطة بسكون الأرض. لكنها كانت فكرة لا تقبل الصياغة المادية : كيف بالإمكان صياغة أفلاك التداوير التي يدور مركزها في محيط الدائرة الكبرى أو *EPICYCLES* أو خروج جسم ما عن مداره؟ كانت المسارات الكوكبية تخلو من المدلول الفيزيائي ٤ . كانت الهياكل نماذج وصفية فقط لحركات الكواكب بحيث تطابق نتائج الأرصاد. غير أن النظرية الفيزيائية *la théorie physique* تدرس جوهر السماء دراسة تجريبية وبرهانية في آن معا. قد يخترع عالم الفلك القديم النظام السماوي، لكنه لا يقدر أن يبرهن عليه، ولا يقدر أن يلاحظ العلل، ويتخيل أنه يحلل أنماط الوجود لإنقاذ الظواهر. كانت النجوم تخرج عن مراكزها بالنسبة للأرض، وتدور دورات معينة مقسمة على مراحل. وكانت مهام عالم الفيزياء (البحث في العلل) منفصلة عن مهام الفلكي، وعن مهام الفيلسوف. واختلفت مهمة الفلكي عند كوبرنيكوس كما وصفها^(٥) وكان علم الفلك اليوناني تشوبه الشوائب^(٦) مثل : الافتعال، غيبة الأفق الشامل والوحدة، تناول كل جسم سماوي على حدة، من دون ربطه بالأجسام الأخرى. وبالتالي، فالتحليل الكلي كان مستحيلا. لم يعلل علم الفلك اليوناني الموضوع التام والمحدد تماما. على حين كان نقولا كوبرنيكوس يريد أن يوفق بين علم النجوم *ASTRONOMIE* وبين علم الهيئة *COSMOLOGIE*، لكي يقيم الانسجام في تصور "العالم". ووجد نقولا كوبرنيكوس كذلك بين مهام الفلكي ومهام الفيلسوف. درس الفلكي حركات دوائر العالم. ومن جهة كونه يدرس العالم، فعالم النجوم كان هو نفسه عالم الكون. وارتبطت حركات النجوم بدوران الأرض. لأن "إنقاذ الظواهر" *"SALVARE PHENOMENA"* وحده لا يكفي. المقصود هو بيان أن مبادئ علم النجوم الجديد مبادئ "يقينية". وهو مشروع فلسفي أصيل. وثار السؤال: ما السبيل إلى المبادئ اليقينية في علم النجوم ؟

ب- نظرية كوبرنيكوس

بدأت فكرة مركزية الشمس عند نقولا كوبرنيكوس فكرة مشروعة في علم الكون أو علم الهيئة. ^(٦) تخلص من أى استحالة فيزيائية، وتقضى بالتمثيل الحقيقي لنظام العالم. إذن كانت أولى مهام كوبرنيكوس هي إعادة بناء علم الهيئة. وانتقل من العالم المغلق اليوناني المتناهي القديم إلى العالم اللامتناهي. ولم يقبل سوى الحركة الدائرية. وانفصلت الحركة الطبيعية عن نظام العالم. وصارت الحركة الطبيعية الدائرية كروية ^(٧). وصار الطابع الكروي خاصية أجسام الكون كله. لكن الاتجاه الطبيعي ظل قديما، وظلت دائرية الأجسام فكرة أرسطية ^(٨).

ارتبط تصور النقل "بالجواهر الأصلي" وتوافق ذلك مع الاتجاه الطبيعي نحو أسفل، نحو مركز الكون، الأرض. أما عند نقولا كوبرنيكوس فقد تغير كل ذلك، وانفصل النقل عن نظام الكون، وتمت مقارنته بشكل منفصل عن الأجسام التي تشكل العالم. تخلص نقولا كوبرنيكوس إذن عن بنية العالم. وربط النقل بالأجسام السماوية. وهو تخلص منطقي وتجريبي في آن واحد. وفصل نقولا كوبرنيكوس سؤال مركز العالم عن سؤال مركز نقل الأرض. وافترض جيوردانو برونو مراكز عدة للعالم لا مركزا واحدا، وبالتالي ارتبط النقل "بالاتجاه الطبيعي"، الذي انتمى إلى الأجسام كلها : الأرض، الشمس، القمر. وتضمن هذا الافتراض الأجسام السماوية كلها، ومن ثم تضمن هذا الافتراض التخلي عن ثنائية العالم اليوناني القديم. كما تضمن هذا الافتراض، أخيرا، توحيد أجسام العالم كله في مبدأ واحد. لكن تضمن هذا الافتراض بقاء "نظرية المدارات" القديمة. مع ذلك تضمن هذا الافتراض التأسيس الفيزيائي لمركزية الشمس.

وننتج عن ذلك عند نقولا كوبرنيكوس مجموعة من التحديدات :

تحديد موقع الشمس. كان موقع الأرض الدقيق منذ اليونان محددا من جهتين : أقصى حد في بعد القمر أو الشمس عن الأرض أو أوج *APOGEE* وأقرب نقطة إلى الأرض من فلك القمر الحضيض *PERIGEE*. في العصر الحديث، تغير الوضع.

تحديد الحركات الأرضية. ارتبطت الحركات الكوكبية بمدار الأرض، وكما عند اليونان، سلم كوبرنيكوس بوجود فلك التدوير (دائرة مركزها في محيط دائرة كبيرة)؛

تحديد حركات الأرض. صار هناك ثلاث حركات أرضية، والتحقّت الأرض بمدارها. وإحدى هذه الحركات الرئيسية هي الحركة السنوية التي بها مركز الدوران ^(٩).

كان التراث العلمى القديم يقول إن النظرية الفيزيائية -دراسة جوهر السماء والنجوم- و علم الفلك -دراسة نظام الأجسام السماوية- يبرهنان على نظام الكون. وكان الفلكى لا يدرس "جوهر" السماء والنجوم، إنما كان يصوغ الفروض. وأما المنهج الحديث فقد كان التأسيس الفيزيائى لنظرية مركزية الشمس، وإقامة تصور العالم اللامتناهى، والعالم المنفصل عن الحركة، والانتقال المستقلة عن الأجسام، والمرتبطة بالأجسام السماوية. فتم القضاء على علم الهيئة الفلسفى اليونانى القديم.

IV- الموقع اليونانى

و أقام فرانسيس بيكون (F. BACON) (١٥٦١-١٦٢٦) ورنيه ديكارت (R. DESCARTES) (١٥٩٦-١٦٥٠) وجاليليو (GALILEE) (١٥٦٤-١٦٤٢)، كما أسلفنا من قبل، البرهان على فلسفة اليونان وعلمهم. والخبرة التى أسس عليها جاليليو علمه إنما كانت خبرة خيالية أو خبرة فكرية كما سبق أن عبر ماخ. ومنح جاليليو الفيزياء تصورا رياضيا صار بدوره تكوينيا فى العلم. وذلك كان الفرق بين الفيزياء والعلوم الأخرى. ولم تلعب الرياضيات فى فيزياء جاليليو دورا وصفيا إنما لعبت دور الوصف الفعلى للمعارف الفيزيائية، تحديدا. وكان مبدأ البساطة هو مبدأ وحدة الخبرات من طريق الفكر الرياضى. الطبيعة بسيطة. ذلك كان أساس الوحدة بين الطبيعة والعقل الإنسانى. من هنا نهض تفسير جاليليو على الاستدلال العقلى البسيط أو التفسير فى لغة رياضية بسيطة.

كذلك بين جاليليو أن مركزية الشمس هى المركزية الوحيدة الممكنة بالنسبة للخيار المحدد عقليا. وغير الهيئة القديمة من خلال دحض إحدى نتائجها، وبواسطة الملاحظة. وأعاد صياغة الهيئة وبين، قبلها، احتمال صحة مركزية الشمس والأرض معا. ثم أقام الحجة منهجيا على أولية مركزية الشمس، بوصفها نظرية علمية لا تقبل الاستحالة الفيزيائية، ولأن المبادئ التى تقوم عليها لا تقارن بمركزية الأرض، بل إن مركزية الأرض تتعارض مع نتائج الأرصاد: اكتشف جاليليو أربعة أقمار للمشتري تدور بشكل ظاهر حوله لا حول الشمس، وهى : إيو كاليبسو وأوروبا وغانيماد.

قلنا إذن إن فرانسيس بيكون (F. BACON) (1561-1626) ورنيه ديكارت (R. DESCARTES) (1596-1650) وجاليليو (GALILEE) (1564-1642) برهنوا على فلسفة اليونان وعلمهم. والجميع تصور ذلك الرجوع إلى العلم والفلسفة اليونانيين كنموذج إرشادى مطلق، كما يشهد على ذلك لجوء ليون برانشفيك (Léon BRUNSCHVIG) (1869-1944) وألكسندر كويريه (Alexandre. KOYRE) (1892-1964)، فى تعريفهما المجازى للعلم الأوروبى الكلاسيكى، بوصفه علما أفلاطونيا أو أرشميديا. تلك هى "الظاهرة الأصلية"، أى العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليونانى.

لكن كان من حق رشدی راشد أن يتوقع تغير موقع العلوم العربية عندما ولى بصره شطر تاريخ العلوم نفسها برؤية لا تعتمد العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني. بيد أنه شاهد مؤرخي العلوم يتخذون تلك المصادر بعينها -العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني- كمنطلق للتأريخ للعلوم. كان ذلك هو المنطلق، في تاريخ الفيزياء ، في تاريخ بوجندورف (POGGENDORFF) وتاريخ روزنبرجر (ROSENBERGER) ، ودوهرنج (DUHRING) وجيرلند (GERLAND) من ناحية ، وتاريخ الفيزياء عند بيار دوهم (1861-1916) (P. DUHEM) من ناحية أخرى. كذلك كان ذلك هو المنطلق في تاريخ الرياضيات عند جول تانرى (1848-1910) (J. TANNERY) وتاريخ الرياضيات عند كانتور (CANTOR) وتاريخ الرياضيات عند مجموعة نقولا بورباكي (1939) BOURBAKI فالمؤرخون ، سواء قطعوا بين العلم الكلاسيكي والعصر الوسيط ، أو وصلوا بينهما ، أو لفقوا ، كأغلبهم ، فهم انطلقوا جميعاً أو أغلبهم من العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني.

مع أن العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني لا تتوافق مع إسهام ويككو (WOEPCKE)^(١٠) وسوتر (SUTER)^(١١) وفيدمان (WIEDEMANN) و لوكي (LUCKEY)^(١٢) في ميدان تاريخ العلم العربي، و"معجم السير العلمية" الحديث. إذن تسود العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني وهي أن العلم الكلاسيكي، سواء في حداثته أو في أصوله التاريخية ، يبدو ، آخر الأمر ، كنتاج الإنسانية الأوروبية دور سواها، فإنه يبدو كالميزة الأساسية لهذه الإنسانية. فالنشاط العلمي للإنسانية الأوروبية بشكل وحده ، دون سواه ، في هذا التصور ، موضوع تاريخ العلوم.

وتظل الممارسة العلمية للحضارات الأخرى خارج التاريخ ، وإن أدرجت في سياقه لم يتم لها ذلك إلا بوصفها إسهامات للعلوم الأوروبية. ولا تعتبر هذه الإسهامات إلا مجرد لواحق فنية لهذه العلوم الأوروبية، لا تغير تشكيلها الفكري العام أو الروح التي تميزها. فما العلم العربي، وفقاً لهذه الصورة، إلا متحف للتراث اليوناني، كما هو أو بعد أن أضيفت إليه بعض التجديدات الفنية إلى ورثته الشرعيين الأوروبيين. من هنا لم يدخل النشاط العلمي الذي نشأ خارج أوروبا بصورة عضوية في تاريخ العلوم ، بل ظل موضوع الاستشراق.

وساد ذلك التصور القرن التاسع عشر، كما أنه صار محور الحوار بين التجديد والتقليد. وكما كانت الحال في القرن الثامن عشر في أوروبا، يقتزن العلم اليوم، "العلم الأوروبي"، بالحدثة، في النزاع بين القدماء والمحدثين في بعض أقطار البحر الأبيض المتوسط والأقطار الآسيوية التي تجتاز مرحلة البحث عن الذات والزمن والتاريخ والهوية.

وليس مقصد رشدی راشد هی استعادة الحقوق المهضومة ، ولا المعارضة بين العلم الأوروبي والعلم الشرقي، إنما كل ما يرمى إليه هو البحث من جديد في "تكوين" العلم الكلاسيكي الأوروبي. إن العلم غير الأوروبي الوحيد الذي يأخذه رشدی راشد بعين الاعتبار هو ذلك العلم الذي كان نتاج شعوب متنوعة ، وعلماء اختلفت عقائدهم وأديانهم ولكنهم ألفوا معظم أعمالهم العلمية ، إن لم يكن جميعها باللغة العربية. ويحيل رشدی راشد في أغلب الأحيان إلى منهجيات المؤرخين الفرنسيين.

ويرد تصور العلم الأوروبي في أعمال مؤرخي القرن الثامن عشر الميلادي وفلاسفته. فهو وسيلة لتعريف الحادثة في سياق جدال أيديولوجي امتدّ طوال القرن الثامن عشر الميلادي، فهو يمثل عاملاً بنائياً لسرد تاريخي نقدي. ففي الجدال المتعلق بـ "القدماء والمحدثين" أشار الدارسون ، في تعريفهم للحادثة ، إلى ذلك العلم الذي جمع فيه بين الاستدلال بالقياس والتجربة. فهكذا نرى بليز بسكال (*B. PASCAL*) في مقدمة "المقالة في الخلاء" ، ثم إلى حدّ ما ، نقولا مالبراناش (*N. MALEBRANCHE*) في "البحث عن الحقيقة"، يحاولان ، منذ بداية القرن السابع عشر ، بيان تفوق المحدثين.

و كان هم المحدثين هو تحديد التحديدات العينية لذلك النقاش الأيديولوجي، بحيث يبدو تفوقهم أمراً نهائياً. وقد كان ذلك أحد الأسباب التي دعت إلى تحويل تاريخ العلوم إلى فن مستقل، في القرن الثامن عشر. ولكن كان الغرب قد صار في هذه اللحظة أوروبا. وعارضت "الحكمة المشرقية" ، الفلسفة الطبيعية الغربية في أفق إسحق نيوتن (*I. NEWTON*)، كما يظهر ذلك في "الرسائل الفارسية" للبارون دو شارل دو سوجوندا مونتسكيو (*MONTESQUIEU (1689-1755)*).

و كان لتصور العلم الغربي دور في صياغة تصور لتاريخ العقل الإنساني. كذلك ظهر تصور العلم الغربي لتحديد مرحلة من مراحل الحركة المتدرجة للعقل الإنساني، هذه الحركة التي كان يحكمها في الوقت نفسه ، ترتيب تراكمي وخلاص متصل من الأخطاء الموروثة. فعندما يذكر كوندورسيه^(١٣) (*CONDORCET*) أسماء بيكون وجاليلو وديكارت لتعيين الحادثة إنما يذكر تلك الأسماء للإشارة إلى الانتقال من "الحقبة الثامنة" إلى "الحقبة التاسعة" في "الجدول التاريخي" لتطور التنوير الغير المحدود. من هنا لم يعد العلم الكلاسيكي أوروبياً ولم يعد العلم الكلاسيكي علماً غربياً إلا كمرحلة من مراحل التعاقب التاريخي الطويل الأمد. ومن العبث، عند فونتنيل ودالمبار وكوندورسيه، قراءة أصول العلم الكلاسيكي في الفلسفة والعلم اليونانيين وحسب، إذ إن وصف العلم الكلاسيكي بأنه أوروبي لا يعنى عندهم أى معنى "أنثروبولوجي" ، وإنما يعبر عن حقيقة التاريخ التجريبي للعلوم.

وعرض الابي بوسو (*Abbé BOSSUT*) الجدول التاريخي لتقدم العلوم الدقيقة ؛ ويقسم هذا الجدول إلى ثلاث فترات. وينطلق الابي بوسو من أن شعوب العالم القديم مارست الرياضيات. ومن برز في هذا الجنس

من العلوم هم، على التوالي، الكلدانيون والمصريون ، والصينيون ، والهنود ، واليونان ، والرومان والعرب وغيرهم. أما في العصور الحديثة، فأُمم أوروبا الغربية. فالعلم الكلاسيكي أوروبي وغربي. لكن التقدم الذي أحرزته أُمم غربي أوروبا في مجال العلوم منذ القرن السادس عشر الميلادي إلى اليوم يفوق ما أحرزته الشعوب الكلدانية والمصرية ، والصينية، والهندية، واليونانية ، والرومانية والعربية.

وهكذا صيغ تصور العلم الغربي في القرن الثامن عشر الميلادي. فقد حلم كبار رسل التنوير^(١٤) بتحقيق المجتمع الأمثل للجنس البشري من طريق نشر العقل والعلم بين الناس، وحلموا بالتأسيس لتأثير هذا الانتشار ألف سنة من الحكم الصالح. ومنذ بداية العصر أخذ يرتفع نشيد متزايد في تعظيم التقدم^(١٥) في التعليم. وقد وضع كل من لوك وهيلفيسوس وبانثام أسس هذا الحلم. وساد الاعتقاد بأن الجنس البشري يقدر أن يبلغ الكمال. ولم تبق هنالك حدود للتطور البشري لا تقبل التخطي مادام الإنسان يقدر الإنسان تهديم ما في الماضي من أخطاء.

ومن الصعب التحقق من مقدار حداثة ذلك الإيمان بالتقدم البشري. فاليونان والرومان كانوا يعتقدون أن العصر الذهبي حدث في الماضي. ثم انحط الإنسان بعده. وانتقل ذلك الاعتقاد إلى المسيحية والإسلام. ولم تستطع ما سمي باسم "النهضة" الأوروبية الحديثة أن تتصور إمكان ارتفاع الإنسان ثانية إلى مستوى العصور القديمة المجيدة إذ أن جميع أفكارها تتجه صوب الماضي. ولم يجرؤ أحد على مثل هذا الطموح غير المحدود إلا بعد القرن التاسع الميلادي.

ويعود إلى فونتيل^(١٦) BERNARD LE BOUVIER DE FONTENELLE (1657-1757) الفضل الأكبر في أنه غرس تدريجيا في القرن الثامن عشر ذلك الإيمان بالتقدم. وعم فونتيل FONTENELLE العلم في الإطار الذي حدده رنيه ديكارت، في القرن السابع عشر الميلادي. وكان يأمل أن تفوق أوروبا العصور القديمة. فأوروبا الحديثة لا تختلف عن أفلاطون وهوميروس بل لها مستودع من الخبرة البشرية المتراكمة أغنى مما كان لديها من قبل. يمثل المحدثون في الحقيقة تقدم العالم في السن، على حين يمثل القدماء فتوته ، ويعرف عالم اليوم ما يزيد عما كان يعرفه عالم كان يعيش تحت حكم أوغسطس بمقدار عشرة أضعاف. فالتطور محتوم كنمو الشجرة. وليس هنالك ما يدعو لتوقع انقطاع ذلك التقدم. وقد كشف فونتيل FONTENELLE عن نفسه في قلب معركة فرنسا بين القدماء والمحدثين. وولد سويفت Swift في كتابه " معركة الكتب" صورة للصراع كما ظهرت في المملكة المتحدة. فجميع العلماء من رُنيه ديكارت ومن جاء بعده احتقروا القدماء. ونجحوا في توطيد دعائم الإيمان بالتقدم. وعندما حل منتصف القرن الثامن عشر حافظ العالم القديم على مكانته في حيز الآداب وحدها. وعندما أهمل الذوق الكلاسيكي الرومانسية انحسر القدماء.

ورأى كوندورسيه رؤيا الجنس البشرى بكامله يتقدم حثيثا بفضل الثورة الفرنسية. وهو إذ ينظر إلى الماضي يجد ما فيه من النمو في حقل المعرفة والتنوير، منبرا يقدر نفس الإنسان أن يندفع منه إلى المستقبل. وصارت صرخة كوندورسيه " لنسر قدما نحو المثل الأعلى ". فليس هنالك من حد لاكتمال القوى في الإنسان. ومقدرة الإنسان على الكمال لا تنتهي. وتقدم هذا الاكتمال الذي أصبح مستقلا عن السلطات كافة لا حد له سوى حياة هذه الكرة التي وضعتنا الطبيعة عليها. لاشك في أن هذا التقدم قادر على السير بسرعة قليلا أو كثيرا، لكنه لن يعود إلى الوراء. إن مبادئ الثورة الفرنسية هي، في الوقت نفسه، إيمان القرن الثامن عشر بالعقل والحرية في الاقتصاد والاجتماع والفكر. عند ذلك جرو المتقف على ربط جهوده باتصال القدر الإنساني. فالبدور التي غرست في القرون السابقة للقرن الثامن عشر أخذت تزهر فيه. إنه استخدام مآثر العصور السابقة لكي يخطو بالإنسانية إلى مرحلة أخرى.

ب- دور اللغة في التأسيس للعنصرية في تاريخ العلوم

تغير تصور العلم الغربي في أوائل القرن التاسع عشر من جهتي طبيعته ومداه. واكتمل آنذاك ذلك التصور على يد ما سماه ادجار كينه (EDGAR QUINET) في القرن التاسع عشر الميلادي "النهضة الشرقية" أو الاستشراق^(١٧). فالاستشراق أضفى على تصور العلم الغربي البعد "الأنثروبولوجي"، وألقت هذه "النهضة الشرقية" الشك على "العلم في الشرق"، ولعب "التاريخ اللغوي" دور السند في تأكيد هذا الشك. وتداول ذلك التصور في أثناء القرن الثامن عشر، وبخاصة عند مؤرخي علم الهيئة، إلا أن التصور الجديد فرض نفسه درجة. فمنذ أوائل القرن التاسع عشر أسهم الاستشراق، بفضل المواد التي جمعها وبفضل تصوراته، أكبر مساهمة في صياغة الموضوعات التاريخية لمختلف الفلسفات. ففي ألمانيا وفرنسا، وضع الفلاسفة كل ثقتهم في الاستشراق، وإن كانوا قد وضعوا تلك الثقة لدواع مختلفة، إلا أنهم اتفقوا على تصور واحد بعينه، وهو أن الشرق والغرب لا يتعارضان بوصفهما وضعين جغرافيين، بل كوضعيتين تاريخيتين. وذلك التعارض لا يقتصر على فترة تاريخية معينة، بل مرده إلى "جوهر" كل من الطرفين. هكذا ذهب هيجل وجوزف دي ماستر (JOSEPH DE MAISTRE). وفي تلك الفترة نفسها، ظهر "نداء الشرق" و"العودة إلى الشرق"، كما شهد على ذلك دي ماستر وأتباع سان سيمون SAINT-SIMON من بعده، وهي أفكار اقترنت برفض العلم والعقلانية في آن واحد. ولكن اكتسب تصور العلم الغربي السند العلمي في ضوء مدرسة فقه اللغة. كان البحث في المعرفة مقروناً بالبحث في اللغة.

فقد أعلن بروجمان BRUGMANN تمثيلاً لا حصراً، أنه لا يحق أن نعتبر اللغة الهندية - الأوروبية بداية مطلقة، يتعذر مسها، ولا يخضع لقوانين اللغة، بل هي لا تعدو أن تكون فترة من فترات التطور. وخلص بروكمان BRUGMANN إلى أن الهدف الرئيس أو مركز الاهتمام حتى ذلك الوقت في علم اللغة المقارن أياً

كانت مظاهره - عادة إنشاء الأصل المشترك للغات الهندية الأوروبية . فنجم عن ذلك أن الأنظار اتجهت باستمرار وفي كل تحقيق نحو هذه اللغة الأصلية . فكانت الفترات القديمة جدًا والتي هي أقرب ما يكون إلى هذه اللغة الأصلية هي التي تثير الاهتمام الكامل تقريبًا سواء في إطار الأبحاث المتصلة باللغات التي نعرفها عن طريق الوثائق الأدبية أم في إطار التطور اللغوي للسكسكريتية والإيرانية واليونانية.

وأغفلت التطورات اللغوية الحديثة الفترات القديمة ونظرت إلى الفترات القديمة نظرة ازدراء وكأنها فترات من الانحطاط. ولابد لنا من أن نكون نظرة عامة لتطور الأشكال اللغوية ، لا من خلال رموز لغوية افتراضية أصلية ، بل ولا من خلال أقدم الأشكال التي تحدثت إلينا من السكسكريتية واليونانية الخ بل على أساس تطورات لغوية يمكننا أن نتبع مقدماتها اعتمادًا على وثائق تمتد على فترة أطول من الزمن وتكون بدايتها معروفة لدينا معرفة مباشرة.

ويقول بروكمان *BRUGMANN* : "أتمنى على كل لغوي أن يجزم أمره ويمتنع عن استخدام تلك التعابير الضارة مثل "شباب" اللغة أو "شيخوختها" التي لم ينجم عنها إلا الأذى في أيامنا ، وقليل جدًا من الفائدة". مثل هذه التصريحات الموجهة ضمناً إلى شلايشر *Schleicher* خاصة هي بحق - بعد تصريحات شيرر *Scherer* - أشبه بشهادة ميلاد لعلم لغوي تاريخي أدرك ذاته إدراكاً واعياً . ولا ينبغي أن يغيب عن بالنا إننا وقتئذ في قمة انتصار التاريخ كمادة موجهة للتفكير في القرن التاسع عشر ، وسرعان ما حول هرمان بول *Hermann Paul* هذا الكسب التاريخي إلى عقيدة ثابتة فوضع القواعد التالية : "إن الطريقة العلمية الوحيدة لدراسة اللغة هي الطريقة التاريخية"؛ وإن كل دراسة لغوية علمية لا تكون تاريخية في أهدافها وأسلوبها ، يمكن تحليلها فقط بتقصير من الباحث ، أو حدود مصادره.

ووضعت أعمال فريدريش فون اشليجل (*FRIEDRICH VON SCHLEGEL*) وفرانز بوب (*F. BOPP*) ، المؤرخ في موضع جديد. صار موضوع بحثه يشكل كلا لا يمكن رده إلى عناصره ، من جهة طبيعة هذه العناصر ومن جهة وجودها. وهو الأمر الذي فرض طريقاً في البحث. يقارن الباحث بين كليات متماثلة من جهة بناها ومن جهة وظيفتها. فاشليجل في سنة ١٨٠٨ ، وماكس موللر (*MAX MULLER*) فيما بعد ، نظرا إلى "التاريخ الطبيعي" بوصفه نموذجاً للتاريخ بوجه عام ، كما اعتبرا أن علم اللغة المقارن يلعب بالنسبة إلى علوم اللسان الدور الذي يلعبه علم التشريح المقارن بالنسبة إلى علوم الأحياء . وهكذا تؤدي هذه الطريقة باشليجل إلى التفريق بين نوعين من اللغات : يشتمل النوع الأول على اللغات الهندية الأوروبية ، ويشتمل النوع الثاني على سائر اللغات الأخرى. واللغات الهندية الأوروبية هي اللغات "الرفيعة" ، أما اللغات الأخرى فهي أدنى رتبة. فاللغة السكسكريتية، وبالتالي اللغة الألمانية - التي يعتبرها اشليجل أقرب اللغات إليها

- هي "لغة مكتملة منذ نشأتها" ، هي "لغة قوم". وهكذا صنفت المدرسة الألمانية العقول والأذهان والملكات الفكرية وطاقات الشعوب. ولم يكن من شأن فون اشليجل أو بوب ، كما لم يكن من شأن يعقوب جريم (J. GRIMM) ، أن يخالفوا همبولت (HUMBOLDT) عندما رأى أن اللغة هي "روح الأمة".

وقد نمت الدراسة المقارنة للأديان والأساطير نحو منتصف القرن التاسع عشر على أيدي أ. كوهن A.KHUN وماكس مولر وفي أفق فقه اللغة المقارن. واكتمل تصنيف عقليات الشعوب . ومن هنا ظهرت أخطر محاولة أسس أصحابها لتصور العلم الغربى الأوروبى، وإن كانت بواكير هذا المشروع قد ظهرت فى مؤلف جامع لكريستيان لاسن (CHRISTIAN LASSEN). إلا أن مداها الحقيقى يتجلى ، فى فرنسا ، فى أعمال أرنست رينان (1823-1892) (E. RENAN). فقد كان الهدف لارنست رينان أن ينجز فى اللغات السامية ما أنجزه بوب فى اللغات الهندية الأوروبية. وقد تمثلت مهمته فى الإفادة من ميدانى فقه اللغة و علم الأساطير المقارنة للتوصل إلى وصف الفكر السامى وتاريخه. إن الآريين والساميين وحدهم أصحاب الحضارة. وبالتالي صارت مهمة المؤرخ تقتصر على بيان الفرق القاطع بين مساهمات كل من هؤلاء وأولئك. فهكذا صار تصور الجنس يشكّل قوام فن التاريخ ، على أن ما يُراد بـ "الجنس" إنما هو مجموع الملكات والغرائز التى يُهتدى إليها من خلال علم اللغة وتاريخ الأديان وحسب. فالساميون إن لم يبتكروا جديداً فى العلم، فإن ذلك يرجع آخر الأمر إلى "طبيعة" اللغات السامية. إن الجنس السامى يكاد لا يعرف إلا بخواص سلبية وحدها. فليس له أساطير ولا ملاحم ، وليس له علم ولا فلسفة ، وليس له قصص ولا فنون تشكيلية ولا حياة مدنية. أما الآريون ، فيهم يتحدّد الغرب وأوروبا. ويقر رينان "بالمعجزة اليونانية". ولم يكن العلم العربى إلا صورة من العلم اليونانى^(١٨). ولم يقتصر مؤرخو العلم على الاقتباس من هذا الاتجاه الفكرى تصوّره لغربية العلم ، بل اقتبسوا منه طرائق لوصف تطوّر العلم والتعليق على سيره. فهكذا عكفوا على اكتشاف التصورات والمناهج العلمية ، وعلى تتبع نشوئها وتطورها ، مستخدمين فى ذلك فقه اللغة. وصار مؤرخ العلوم عالماً لغوياً، شأنه فى ذلك شأن مؤرخ الأساطير ومؤرخ الأديان. فقد توافرت التّصورات والطرائق للتأسيس لتصور العلم الغربى "انثروبولوجياً". وذلك كان موقف جول تانرى وبيار دوهم وميلو فى فرنسا، تمثيلاً لا حصراً. فقد اقتبسوا عن رينان تصوّره وألفاظه جميعاً. ومع أن معظم المؤرخين قد تخلّوا عن تلك "الانثروبولوجيا" ، بقيت سلسلة من النتائج . فلا يزال بعض المؤرخين يتبنى حتى اليوم تلك "الانثروبولوجيا".

ج- نتائج التاريخ الأنثروبولوجي

أمكن رشدى راشد استخلاص نتائج التاريخ الأنثروبولوجى للعلوم على النحو التالى :

كما أن العلم فى الشرق لم يكن له تأثير ملحوظ فى العلم اليونانى، فكذلك لم يكن للعلم العربى تأثير ملحوظ فى العلم الكلاسيكى؛

إن العلم الذى أتى بعد علم اليونان يعتمد العلم اليونانى وحده. اقتصر 'علم العربى على ترديد العلم اليونانى. واعتمد العلماء العرب اليونان؛

بينما يعنى العلم الغربى ، سواء من جهة نشأته أم من جهة حداثته الكلاسيكية، بالأسس النظرية، يتميز العلم الشرقى ، فى جوهره ، بأهدافه العملية. ويصدق ذلك عليه حتى فى فترته العربية؛

إن الميزة التى يتفرد بها العلم الغربى، سواء فى أصوله اليونانية أم فى نهضته الحديثة، هى تقيده بمعايير الدقة ، فى حين أن العلم الشرقى بعامة ، والعربى منه بخاصة - ينقاد إلى قواعد تجريبية وطرائق حسابية عملية من دون أن يتحقق من صحة كل خطوة من خطاه.

وتمثل حالة ديوفنطس هذه الفكرة خير تمثيل. فهو بوصفه رياضياً "يكاد لا يكون يونانياً". لكن تانرى نفسه عندما يقارن المسائل العددية لديوفنطس بعلم الجبر عند العرب ، يعود فيقول إن الجبر العربى "لا يجاوز ديوفنطس"؛

إن إدخال المعايير التجريبية الذى يميّز إجمالاً العلم الكلاسيكى عن العلم الهلينستى ، هو إنجاز العلم الغربى دون سواه. فنحن مدينون للعلم الغربى بالتصور النظرى وبالاتجاه التجريبى؛

اقتناع أغلب المثقفين العرب المعاصرين بهذه الأيديولوجية. قال المفكر السورى المعاصر صادق جلال العظم، تمثيلاً لا حصراً، إنه "باستثناء فكرة الأهمية الحاسمة للعلم الحديث والتكنولوجيا التى شدد على أهميتها أهل النهضة ولسبب ما لم تتطور ولم تفعل فعلها فى الحياة العربية كما يجب، وإذا أردنا أن نقوم بمقارنة بين منجزات عصر النهضة الأوروبى، وعصر النهضة العربى، لوجدنا أن الأوروبى فى بداياته قد اختزن مجموعة من الأفكار والتأثيرات والتمويل التى دُلّورت فيما بعد، مع أنه كانت هناك حالة من التأرجح على طريقة هاملت فى الفترة المبكرة ما بين الأصالة والمعاصرة والقديم والحديث، والذى حسم فى أوربا الوضع التاريخى لصالح الجديد فهو برأى النورة العلمية التى حدثت فى القرن السابع عشر والانقلاب الكبير فى المفاهيم الذى قاده كوبرنيكوس وجاليلي!!"^(١٩) .

ترحيل تاريخ العلم العربى من ميدان العلوم، بالمعنى الحصرى، إلى ميدان الكلام الاستشراقى. فهو ترحيل تاريخ العلوم كنظرية قائمة *Théorie confisquée* ، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى. وقد صار ترحيل نظرية قائمة *Théorie confisquée* من موضعها الأسمى إلى مواضع أخرى، منها سائدا بعد العلم الكلاسيكى بعامة، وإسحق نيتون، بخاصة، وإن ظل قائماً بوصفه وسيلة كشفية فى الميكانيكا والمناظر بخاصة.

و ذلك ليس هجوماً، لدى رشدی راشد، على الاستشراق في ذاته وجوهره وماهيته، كما يفعل البعض منذ زمن بعيد إنما نقل رشدی راشد وفريق البحث التابع له العلم العربي نقلاً كيفياً ونوعياً من نطاق الاستشراق إلى مجال العلم نفسه. ومع أن ج. د. برنال، تمثيلاً لا حصراً، يقول إنه من المؤكد أن المعرفة اليونانية قد عادت للحياة من جديد في عمل العلماء العرب ولم تكن تلك العودة مجرد نقل عار من التغيير، فإنه يقول إن معظم علماء العرب رضوا بالنمط الكلاسيكي للعلوم، ووثقوا بهذا النمط وأنه "لم يكن لديهم طموح كبير ليحسنوا هذا النمط، ولم يكن لديهم أي طموح لأن يطوروه تطويراً ثورياً."^(٢٠) ليس من شك في أن للمستشرقين في الكشف عن تاريخ العلوم عند العرب فضلاً عظيمًا يعرفه لهم رشدی راشد وغيره من المؤرخين الجدد في تاريخ العلوم عند العرب. فلقد تناولوه بالدرس وتحقيق النصوص والمخطوطات، والمقارنة بينه وبين أصوله اليونانية والهندية.

لكن العصر الوسيط والعصر الحديث تغير مدلولهما عند رشدی راشد. لم يعد العلم العربي جزءاً من العصر الوسيط بل قفز إلى العصر الحديث، من دون أن يكون هناك تأثير بالمعنى التاريخي للكلمة للعلم العربي الوسيط في العلم الغربي الحديث، فالعلم العربي، كما عرض له رشدی راشد، جزء لا ينفصل من العصر الحديث والعلم الغربي الحديث. قلب اكتشاف علاقة سنيلليوس عند ابن سهل في القرن العاشر الميلادي، تمثيلاً لا حصراً، التصور السائد لتاريخ العلوم بل قاد إلى صياغة مغايرة لمسألة إعادة اكتشاف هذا القانون مرات عدة وإلى جانب أسماء سنيلليوس وهاروي ورنيه ديكرت، لابد، من بعد تأريخ رشدی راشد للعلوم، إضافة اسم ابن سهل في قائمة من صاغوا قانون سنيلليوس الحديث.

د- مسألة الاستشراق

لذلك لا يقتفي رشدی راشد أثر المستشرقين بقدر ما ينقل تاريخ العلوم العربية نقلة نوعية من الاستشراق إلى العلم الخالص. الاستشراق، كما هو معروف، عبارة عن دراسة من خارج لعلم الشرق الأدنى والأقصى - بما في ذلك المغرب العربي - وهويته ومراحل نموه وتطوره التاريخي وثقافته وفكره وفنه. بهذا المعنى البسيط، الاستشراق مرآة للشرق وتاريخه ووجوده. لذلك كان الاستشراق الغربي ولا يزال يشغل حيزاً معيناً في تاريخ العلاقات غير المتكافئة بين رموز الشرق وبين رموز الغرب. وأساس المشكلة أن يرى الاستشراق الشرق بأدوات الغرب المعرفية والمنهجية الحديثة لا بأدوات الشرق القديمة ومنطلقاته. وبحكم انطلاقه من أدواته فهو لا يصوغ معرفة بريئة. لكن الشرق نفسه لا يصوغ معرفة بريئة عن الآخر نتيجة السبب نفسه. ففي الحالين انحياز. من هنا المشكلة الدائمة. ومما زاد من حدة المشكلة أن الاستشراق ارتبط بظاهرة الاستعمار. فهل يجوز الأخذ بمعرفة اقترنت بإرادة الهيمنة الغربية الحديثة؟

ذلك هو السؤال. وهو في جوهره ليس سؤالاً جديداً تمام الجدة. فهو يستعيد المشكلة القديمة حول صلة العرب بالأعاجم. المشكلة، إذن، مستمرة. ويستدعي الأمر المساءلة والنقد. هل نأخذ من الآخر كل العلم أو جزءاً منه؟ على أي أساس نقتبس؟ على أي أساس نقتبس منه معرفته عن أنفسنا؟ على أي أساس أي انحياز نقتبس أو لا نقتبس منه العلم؟

هـ- حوار الثقافات

يحتاج الجواب على هذه الأسئلة تأمل واستقصاء الاستشراق من جوانبه المختلفة السلبية والإيجابية من دون مقدمات عصبية. لأن ما هو موضع تساؤل إنما هو معرفة موقعنا على خريطة العالم الثقافية والفكرية والمعرفية من دون موارد أو تشنج أو تفوق. بعبارة أخرى، إن ما هو موضع تساؤل هو قضية الحوار بين الثقافات والتبادل بين الحضارات كافة. إن الحوار حول الآراء العابرة يقيم الإجماع. ولا يصوغ التصورات. ولم ينتج الحوار اللفظي في السابق أي تصور. وهي فكرة ربما تعود إلى اليونان القدماء. لكن اليونان أنفسهم كانوا يتوجسون من الفكرة. وقبل أن نتحاور لا بد لنا أن نصنع تصوراً حول الحوار وحول جدوى الحوار.

و يعنى الحوار الثقافى إلغاء الاستقلال التام بين الثقافات. ويعنى التفاعل الحضارى بين الشعوب والأمم، نفى الانطواء على الذات. ويهدف هذا وذاك إلى الكف عن طلب التصورات والتحول إلى إنتاجها. ولا يمكن أن نقيم حواراً للثقافات في استمرار العطاء المستمر من جانب والأخذ المستمر من جانب آخر. هي إذن دعوة لإنتاج تصورات خاصة. فالثقافة التي تتحرك بتصورات الآخرين لا تتحاور عملياً. وليس بالإمكان أن نقيم هذا الحوار أو ذاك التبادل على أساس جامعي وحسب. ولا يبدو بالإمكان أن نقيمه على قاعدة سياسية وحسب. بل يبدو من الضروري أن نقيم حوار الحضارات على أساس من الربط بين البحث العلمى النزيه وحاجات مجتمعات العالم الثالث كافة. كذلك يبدو ضرورياً أن نربط التاريخ القديم بالمشكلات الراهنة للفكر المصرى والعربى بعيداً عن الأوهام الراهنة حول مختلف أنواع "العصور الذهبية". فليس بالإمكان أن نراجع أوهام المستشرقين من دون أن نراجع الأوهام التي صنعناها نحن بأيدينا.

قامت الأوهام عندنا على الرفض المطلق لما يأتى من الغرب ولما تقدمه الثقافة العلمية المعاصرة. وذلك في مقابل الوعد ببلورة فكر خاص بنا وإنتاج أعمال علمية تصدر عنا وبدراسة ماضينا التاريخى والراهن دونما تطبيق بسيط للمناهج الغربية على مجتمعات الشرق أو إسقاط العلم الغربى على ثقافتنا. فالمشكلة الكبرى أننا لسنا الخلاقين لثقافتنا وسنظل كذلك حتى تتولد التصورات منها.

وليس من شك في أن الفكر الغربي مرتبط بالتاريخ الغربي وبالمجتمع الغربي. ومن البديهي أن يكون الاستشراق في الغرب قائما على عادات ذهنية وثقافية للمجتمع الغربي الذي ينتمي إليه. ومن البديهي أيضا أن يستخدم المناهج التي صنعها لذاته من أجل دراسة حضارته الخاصة. من هنا فقد للبراءة. على أن الاستشراق يحتوى على علم قد يفيدنا في فهم أنفسنا وفي إدراك غيرنا على حد سواء. من هنا الأمل في حوار بين فكرين أو مجالين مختلفين في الدرجة لا في النوع. وهو اختلاف في الدرجة لأنه من الصعب أن تعيش حضارة الشرق مقطوعة الصلة تماما عن المحيط العالمي.

كان الاستشراق قد ظهر في الغرب في العصر الوسيط بعد أن كانت العلاقة مجرد علاقة تجارية في العصر القديم. وأخذ الغرب يترجم المؤلفات العلمية العربية إلى اللغة اللاتينية.

وكان الفكر الغربي هو الطالب على حين كان العلم العربي هو المعطاء.

وبدأت الأمور تتغير ابتداء من القرن التاسع الميلادي، حسب تقسيم رشدي راشد الجديد للتاريخ، بدل القرن السادس عشر، حسب التقسيم القديم^(٢١). بدأ الفكر العربي العلمي يتغير في القرن التاسع الميلادي. ثم جاء مستشرقو القرن الثامن عشر الميلادي من الرحالة والمبشرين والضباط ورجال الإدارة الاستعمارية وعلماء اللغة والدين والإنسان والحضارات والأدب والآثار. وبدءا من القرن التاسع عشر الميلادي شوه الاستعمار الغربي الحديث صورة الشرق وواقعة حيث ظهر استشراق الاستعمار ثم ما بعد الاستعمار. وفي أواسط القرن التاسع عشر الميلادي ثم في ثلثه الأخير، كان المستشرقون الفرنسيون يدرسون الشرق في إطار من الاكتشاف السياسي والاقتصادي للعالم العربي. وبدأ التفكير في فتح الأسواق الجديدة مع السيطرة الأوروبية على القارات المنسية. وكانت الموجة الأولى تتصف بتأسيس الجمعيات الاستشرافية ثم الجمعية الآسيوية والجمعية الأمريكية الشرقية. أما المرحلة الثانية فشهدت ميلاد مؤتمرات المستشرقين. أما مستشرقو القرن العشرين فقد كانوا من التربويين ورجال المخابرات والمؤرخين الاقتصاديين ومتدربي الشركات وخبراء الأسواق التجارية والسياسيين وذوى النيات الحسنة من المعنيين بحوار المسيحية والإسلام. مع ذلك صار استشراق القرن العشرين استشراق الاستعمار. فوضع المستشرقون علمهم في الثلاثينيات والأربعينيات من القرن السابق في خدمة سياسة الهيمنة. وأدى ذلك إلى الاختلال شبه التام وحتى الآن في ميزان العلاقة بين المجتمعات الغربية الرأسمالية وبين المجتمعات الشرقية. وعلى هذا النحو تطور الاستشراق.

ولم يفلت المستشرقون من التضامن المبدئي، المعرفي والسياسي، مع الثقافة الغربية التي يكتبون في إطار خططها من دون أن يعنى ذلك أن الاستشراق هو الوجه الثقافي للاستعمار أو الهيمنة. فهذا موقف يقود إلى رفض مطلق للمعرفة الاستشرافية كلها. وهو رفض سياسى ومذهبي لا يعبر عن أسلوب علمي في النظر

للأشياء والكلمات. فليس من شك في أنه مازال هناك من المستشرقين من يحلم بالهيمنة من وراء المعرفة. وليس من شك أيضا أن الصورة التي التقطها الاستشراق عن الشرق قد تعرضت للتزييف والتحريف والتبديل والتصحيف، بمعنى أن المستشرقين حصروا الشرق في إطار محدد لا يمكن الخروج عنه. لكن هناك أيضا منهم من يراجعون أنفسهم بحكم العلم. فالعلم له قواعده غير الجنسية وغير الدينية. ففيما عدا نصوص قليلة نشرت ببولاك أو حيدر أباد نشر المستشرقون النصوص العربية التي ما تزال العمدة في مجال قراءة العصر الوسيط. وكانت بحوث المستشرقين أول عمل تحليلي ليناابيع الثقافة العربية استند للمصادر في صورة مباشرة. وبحوثهم في مجالات التاريخ والجغرافيا والفكر والمجتمع والسلطة وعلاقات الشرق والغرب لا غنى عنها حتى اليوم في البحث العلمي عن تلك المسائل.

المسألة، إذن، ليست في أن تكون مسيحيا أو مسلما إنما المسألة في النظر النقدي إلى الذات قبل الآخر. فالغرب يراجع نفسه وثقافته ومعرفته وفكره. فهو يراجع الاقتصاد على التحليل اللغوي والتاريخي والعلمي في دراسة الشرق. بل رأي الغرب في اللغة وعاء التعصب نفسه. وذهب في المراجعة إلى حد إعلان نهاية الاستشراق نفسه بسبب تخلف المناهج -و هي أزمة النزعة التاريخية *HISTORISMUS*- وتغييب فكرة الخصوصية -و هي أزمة المركزية الأوروبية- وتعدد مجالات الاهتمام والتخصصات العلمية كالتاريخ وعلم الاجتماع والإنسان والاقتصاد والسياسة. انه تفجر من داخل الثقافة الغربية. وهو يمارس فعاليته الخلاقة على حيز من هذه الثقافة بصريّة أدت إلى توليد استعراب من نمط جديد منذ مطلع الستينيات من القرن السابق .

لكن الخطر الأساس في استعادة تصور "الخصوصية" البديلة للاستشراق القديم، هو أنه تصور نمطي لا يخضع للتطور. من هنا فالأخذ به يتجه، في شروط تاريخية معينة، إلى تغييب الوعي النقدي لصالح تصور للهوية يلغى التباين داخل الماضي والتراث والأمة كما يؤدي ذلك إلى البحث عن الصفاء والنقاء على المستوى النفسي والفكري وإلى القهر على مستوى السياسة.

و- ردة الفعل على الاستشراق

لم يعد هناك عالم واحد اسمه الاستشراق. ووصل الغرب إلى حد الإعلان عن بدء عهد ثقافي منفتح بين الشرق والغرب يزيل الجدران العالية القديمة. وباستخدامه أدوات علمية غربية حديثة -علم اللغة الجديد، التاريخ الجديد، تصور جديد للقوة وعلاقات القوة، تصور البحث السياسي، علم الآثار الجديد، الحقيقة والتمثيل، الأنا والآخر، تصورات العالم، المعرفة والإنشاء، السيطرة، التشكيل، الإقصاء والاستثناء، الإفراط- في دراسة نفسه، أسهم الشرق في إعادة النظر في المناهج والأدوات التي استعملها الغرب في معرفته للشرق.

تلك هي الحلقة المفرغة القائمة إلى الآن. نقد الشرق للغرب جزء من نقد الغرب لنفسه. الكلام الشرقي عن الشرق هامش على متن الغرب نفسه.

مع ذلك بدأت إعادة التقويم النقدي للاستشراق منذ صعود حركات التحرر الوطني/القومي قبل نحو نصف قرن من الزمان على مستوى قارات آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية وفي المجالات كافة. فقد أعطى مؤتمر تضامن الشعوب الأفريقية والآسيوية في باندونج في إبريل من عام ١٩٥٥ دفعة حاسمة للتجديد في القارتين. وبلغت ذروتها في عقد السبعينيات من القرن العشرين.

لكن لم نراجع أنفسنا مراجعة كافية. لم نعد قراءة تاريخنا وراثنا وراهننا إعادة كافية. ومن ثم فإننا لم نستطع أن نراجع الغرب مراجعة عميقة. لم نر أوروبا وتاريخها ونقائضها ونجاحاتها من الخارج، أى من منظور ما سمي بالعالم الثالث. ويظل الغرب هو المنظور المنفرد في دراسة ذاته. واقتصر الاستغراب على الرفض الشرقي القومي/الديني للغرب وكرهه والانغلاق عنه والتهرب من معرفته ورفض الاعتراف به وجهله. فتأكد القطع بين الشرق والغرب. كما اقتصر الاستغراب على البعد السياسى والمذهبي وحدهما، أى على إحلال مركزية آسيوية جديدة محل المركزية الأوروبية القديمة. كانت المركزية الأوروبية تتوهم أن الثقافة الشرقية مجزأة غير قادرة على استيعاب العالم.

من ثم لم نحدث تغييرا ملحوظا -أى بعيدا عن الجهود الفردية الفذة المتفرقة هناك أو هناك- فى تاريخ فكرنا المعاصر. ولم ننتج المناهج الخاصة بنا. ولم ندخل بعد مرحلة المعركة المعرفية. من هنا الارتباك فى العلاقة بين الغرب وبيننا. من هنا أيضا ارتباكنا المستمر بين نارين : نار التعصب من جهة ونار التغريب من جهة أخرى. كان تاج الدين السبكي يقول عن المعتزلة فى إقليم خوارزم : "إذا رأوا من أحد التعصب، أنكروه عليه، وقالوا : ليس لك إلا الغلبة بالحجة وإياك وفعل الجاهل".

فالخصائص الفكرية والنفسية والجمالية والروحية التى يختص بها الغربى والخصائص الروحية التى ينفرد بها الشرقى تظل خصائص نسبية. لا يجوز أن تصل "الخصائص" إلى مرتبة النماذج الجاهزة ولا إلى الجواهر الثابتة. وقد يؤدى التعميم المفرط فى هذه الحالات إلى التشويه. فليس الغرب ماضى بحث كما أن ليس الشرق روحا خالصة. كان لدى المجتمع الأوروبى فى العصر الوسيط، تمثيلا لا حصرا، ما يكفيه من الروحانيات فى الوقت نفسه الذى برزت فيه الحاجة إلى غذاء غير روحي، فوجد فى الحضارة العربية الروح العلمي. والتفكير الحر، الذى جاء من طريق العرب والذى تغذى من الفكر اليوناني، أرسى حجر الزاوية لقيام ما سمي بعصر النهضة الأوروبية الحديثة ثم التنوير *AUFKLARUNG* الأوروبى الحديث الذى أنجب تاريخ العلوم العربية بالمعنى العلمى المعاصر الصحيح لمصطلح تاريخ العلوم، كما أسلفنا من قبل.

من هنا فالتصورات لا تخضع إلى الجغرافيا. يقوم الشرق من جهة والغرب من جهة أخرى وكأن الثقافة حكر على هذه المنطقة أو تلك بل وكأن الشرق والغرب عالمان مختلفان تمام الاختلاف لا تجمعهما أية سمات مشتركة.

واقع الأمر أن فكرة التناقض العنصرى الحاد بين الحضارتين الغربية والشرقية قد نشأت جنبا إلى جنب مع تطور القومية الأوروبية إلى مرحلة الاستعمار وما بعدها. وقد عادت إلى الحياة من جديد فى الآونة الأخيرة نتيجة صعود التيارات القطرية فى الغرب والشرق على السواء. وبسبب التيارات القطرية فى الاستشراق تم تفضيل ميادين معينة على ميادين أخرى فى العلم العربى وحصر للميادين العلمية موضع البحث. كما أدت تلك التيارات إلى النتائج التالية :

تشويه منهج تاريخ العلوم نفسها وحفر الفجوة/الفراغ بين الفترة الهلنستية وعصر النهضة، والقطع بين الماضى والحدثة باسم الثورة العلمية؛

تشويه النظر فى تصور "الجديد" أو "الحديث" أو "الثوري" عند علماء القرن السابع عشر وعند العلماء العرب وعند العلماء الأوائل؛

تشويه العلم نفسه.

ز- الأحكام المسبقة الغربية

هذه هى نتائج العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني، التى صيغت فى القرن الثامن عشر لتعيين مرحلة من مراحل تقدّم العقل الإنسانى ، ثم قام التصور نفسه فى القرن التاسع عشر على أساس "انثروبولوجي". وهذه النتائج مازالت تسيطر على أعمال مؤرخى العلم الكلاسيكي. لا يخرج الجبر، حصرا، عن سائر العلوم العربية فى وصفها بالخواص السابقة. فهو يتميز بأهداف عملية ، وبطابع حسابى عملي، وبعدم التقيد بمعايير الدقة. وهذه الخواص هى التى دفعت بتانرى إلى القول بأن الجبر العربى لم يبلغ المستوى الذى بلغه ديوفنطس. كما أن هذه الخواص ، على ما بدا لرشدى راشد ، هى التى أسست لاستثناء مورياكى المرحلة العربية من عرضه لتاريخ الجبر. وأكد كوندورسيه *CONDORCET* ومونتوكلا^(٢٢) *MONTUCLA* ونقولا بورباكى^(٢٣) *BOURBAKI Nicolas* على ذلك.

و لا يختلف رشدى راشد مع نقولا بورباكى من جهة الرياضيات بل هو تعلم فى مدرسة بورباكى أصول الرياضيات، إنما هو يختلف معه من جهة تأريخ بورباكى للرياضيات، بسبب اعتماد بورباكى منهجيات القرن

التاسع عشر - ونسلمان (NESSELMAN) وزويتن (ZEUTHEN) وجول تانزى وكلاين (KLEIN) أن الجبر الكلاسيكى هو عمل المدرسة الإيطالية ، وأنه اكتمل على أيدي فيات ورنيه ديكارت. وأصر ميلو (MILHAUD) وجون ديودونيه (Jean DIEUDONNÉ) على إسناد الهندسة الجبرية *Géométrie algébrique* إلى رنيه ديكارت، ضمن مجموعة كبيرة من الآراء المسبقة الجوهرية والمستقاة من موسوعة *LEIPZIG* الألمانية القديمة^(٢٤). فإن النحو الذى ينحوه ديودونيه فى كتابة التاريخ لا يكشف سوى عن فجوة غير معقولة بين "طلّاع" الهندسة الجبرية عند اليونان وبين هندسة رنيه ديكارت فى العصر الحديث . وقد يعمد بعض المؤرخين إلى ذكر الخوارزمى وتعريفه للجبر ، وحله للمعادلة التربيعية ، لكنهم يقصرون بوجه عام الجبر العربى على مبتدعه.

ح- نظرة حول الجبر العربى

لم يكن الجبر العربى فى الصورة الجديدة التى يرسمها رشدى راشد مجرد امتداد لأعمال الخوارزمى، بل كان محاولة لتجاوز أعمال الخوارزمى على الصعيدين النظرى والفنى. ولم يكن هذا التجاوز محصلة أعمال فردية ، بل جاء نتيجة تيارات جماعية. وابتكر التيار الأول من هذه التيارات مشروعاً دقيقاً يتمثل فى تطبيق الحساب على الجبر الموروث عن الخوارزمى ومن تبعه من الجبريين. أما التيار الثانى فإنه كان يرمى إلى تجاوز العقبة المتمثلة فى حل المعادلات من الدرجتين الثالثة والرابعة من خلال الجذور ، وفى سبيل ذلك عمد الرياضيون الذين ينتمون إلى هذا التيار فى مرحلة أولى إلى صياغة نظرية هندسية للمعادلات الجبرية ، وذلك لأول مرة فى تاريخ الرياضيات، ثم عمدوا ، فى مرحلة ثانية ، بعد تعديل وجهة نظرهم إلى دراسة المنحنيات المعروفة لديهم من خلال معادلاتها ، أى أنهم بدءوا البحوث الأولى فى مجال الهندسة الجبرية. عمد التيار الأول إلى تطبيق الحساب على الجبر الموروث. وأول من ابتدأ بتحقيق هذا المشروع النظرى هو الكرجى فى أواخر القرن العاشر. ويلخص السموأل - الذى جاء بعد الكرجى - هذا المشروع على الوجه التالى : "التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات".

فاتجاه هذا المشروع واضح ، ويقع إنجازه وفقاً لمرحلتين متكاملتين : تمثلت أولاها فى تطبيق عمليات الحساب الأولية ، بصورة منظمة ، على العبارات الجبرية ، وتمثلت المرحلة الثانية فى أخذ العبارات الجبرية بصرف النظر عما يمكن أن تمثله ، حتى يجوز أن تطبق عليها العمليات التى كانت ، إلى ذلك الحين، مخصصة للأعداد. ومن أخطر المشكلات التى عارضت هذا المشروع ، مشكلة توسيع الحساب الجبرى المجرد. وأحرز رياضيو القرنين الحادى عشر والثانى عشر الميلاديين فى هذا الصدد نتائج مازالت تعزى - خطأ - إلى رياضى القرنين الخامس عشر والسادس عشر. ويمكن أن نذكر من بين هذه النتائج : توسيع تصور القوة الجبرية بحيث يشمل عكس هذه القوة بعد أن حُدّدت بوضوح القوة : صفر ؛ قاعدة العلامات

بصورتها العامة ؛ قاعدة ذات الحدين وجداول الأمثال ؛ جبر متعدّدات الحدود ، وخاصة خوارزمية القسمة ؛ تقريب الكسور "الصحيحة" من خلال عناصر من جبر متعدّدات الحدود.

وقصد الجبريون في مرحلة ثانية إلى تطبيق هذا الحساب نفسه الجبري الموسع على العبارات الجبرية الصماء. وكان السؤال الذي طرحه الكرجي في هذا الصدد هو : كيف التصرف في المقادير الصمّ بالضرب والقسمة والزيادة والنقصان وأخذ الجذور؟ ضرورة الإجابة عن هذا السؤال هي التي دفعت بالرياضيين إلى ابتكار تأويل جبري للنظرية التي تضمنتها المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس، فضلا عن النتائج الرياضية.

كان بابوس^(٢٥) ينظر إلى هذه المقالة نظرة هندسية، كما كان ينظر إليها الحسن ابن الهيثم. ويرجع ذلك إلى الفصل الأساس - الوارد عند أرسطو كما عند أفليدس - بين المقادير المتصلة والمقادير المنفصلة. من هنا، أكمل أصحاب مدرسة الكرجي بنية الأعداد الحقيقية الجبرية.

وشقّت أعمال الجبريين الذين ينتمون إلى هذا التيار الطريق أمام بحوث جديدة في نظرية الأعداد والتحليل العددي. ففيما يتعلق بالتحليل العددي، تمثيلا لا حصرا ، أمكن رشدي راشد القول بأن رياضى القرنين الحادى عشر والثانى عشر ، بعد أن جدّدوا الجبر من خلال الحساب ، عادوا ثانية إلى الحساب ، فوجدوا فى بعض أبوابه ، الامتداد التطبيقى للجبر الجديد. واستخرج علماء الحساب الذين سبقوا جبريى القرنين الحادى عشر والثانى عشر الجذور التربيعية والتكعيبية ، كما كانوا يمتلكون صيغاً لتقريب الجذور نفسها. ولكنه لم يكن بوسعهم ، لافتقارهم إلى الحساب الجبري المجرد، تعميم نتائجهم ، ولا طرائقهم ، ولا خوارزمياتهم. فبفضل الجبر الجديد ، صارت عمومية الحساب الجبري مقومة لباب من التحليل العددي لم يكن قد، ذلك إلا مجموع طرائق تجريبية.

و هذا الجدل بين الحساب والجبر ، ثم بين الجبر والحساب ، هو الذى أتاح لعلماء الرياضيات المسلمين فى اللغة العربية فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر الميلاديين المجال للوصول إلى نتائج لا تزال تنسب - خطأ - إلى رياضى القرنين الخامس عشر الميلادى والسادس عشر الميلادى. ومن هذه النتائج : الطريقة المسماة بـ "طريقة فيات"^(٢٦) *VIÉTE* لحل المعادلات العددية؛ والطريقة المسماة بـ "طريقة روفيني وهورنر" (*RUFFINI-HORNER*) ؛ وطرائق عامة للتقريب ، وبخاصة تلك التى أشار إليها وايتسيد (*D.T. WHITESIDE*) كطريقة "الكاشى ونيوتن"، وأخيراً نظرية الكسور العشرية. وقد صاغ رياضيو القرنين الحادى عشر والثانى عشر طرائق تكرارية من شأنها أن تؤدى إلى التقريب وطرائق استدلال جديدة كالاستقراء التام ، كما فى القرن السابع عشر. كما أنهم استهلّوا بحوث جديدة تتعلق تمثيلا لا حصرا، بتصنيف

القضايا الجبرية ، أو بوضع الجبر من الهندسة . فإن الرياضيين الذين جاؤوا بعد هؤلاء ، أثاروا مسألة الرموز الرياضية.

كل هذا آل برشدي راشد إلى القول بأن عددًا من التصوّرات التي تنسب إلى شوكيه (CHUQUET) ، وستيفل (STIFEL) ، وفاولهابر (FAULHABER) ، وشوبل (SCHEUBEL) ، وفيات وستيفن (STEVIN) ، وغيرهم ، هي في الحقيقة من نتاج مدرسة الكرّجي، التي عرفها الرياضيون اللاتينيون واليهود.

و من بين التصورات التي صاغها الجبريون الحسابيون منذ نهاية القرن العاشر تصور متعدّدات الحدود. وهذا التيار الذي يتمثل الجبر كـ "حساب المجهولات" على حد التعبير الذي كان يستعمل آنذاك ، هيأت السبيل لتيار جبرى آخر ، استهله الخيام في القرن الحادى عشر ، ثم جدّده ، فى أواخر القرن الثانى عشر ، شرف الدين الطوسى. فالخيام قد صاغ ، لأول مرة ، نظرية هندسية للمعادلات. أما الطوسى فكان له تأثير بالغ فى بدايات الهندسة الجبرية.

فقد استطاع علماء الرياضيات قبل الخيام - أمثال البيرونى ، والماهانى ، وأبى الجود ، وغيرهم من دون الرياضيين الاسكندرانيين ، رد مسائل المجسمات إلى معادلات من الدرجة الثالثة، بفضل تصور متعدّدات الحدود. ولكن الخيام كان أول من أثار أسئلة جديدة : هل بالإمكان ردُّ مسائل الخطوط أو السطوح أو المجسمات إلى معادلات من الدرجة المماثلة ؟ هل بالإمكان تصنيف المعادلات من الدرجة الثالثة بحيث يمكن البحث عن حلول منتظمة من خلال تقاطع منحنيات مساعدة ، إذ إن الحل من خلال الجذور كان ممتنعًا على رياضى تلك الفترة؟

أدت الإجابة عن هذين السؤالين المحددين، بالخيام إلى صياغة نظرية هندسية للمعادلات من الدرجة المساوية للدرجة الثالثة أو الأقل منها. ولم يقصر الطوسى - الذى جاء من بعد الخيام - نظره على الأشكال الهندسية ، بل إنه صار يتأمل الأشياء من خلال العلاقات بين الدالات ، ودرس المنحنيات من خلال المعادلات، وإن ظل الطوسى فى حله للمعادلات يلجأ إلى المنحنيات المساعدة إلا أنه كان يبرهن جبريًا فى كل حالة عن تقاطع هذه المنحنيات من خلال معادلاتها. فالاستعمال المنسق لهذه البراهين يدخل بصورة عملية، أدوات كانت متوافرة لدى أولئك الذين يمكن أن نسميهم المحللين، من بين رياضى القرن العاشر، وهذه الأدوات هى أدوات التحويلات الأفينية ، ودراسة النهايات العظمى للعبارات الجبرية من خلال ما سيعرف فيما بعد بالمشتقة، ودراسة الحد الأعلى والحد الأدنى للجذور. وفى أثناء هذه الدراسات وعند تطبيق هذه الطرائق ، أدرك الطوسى أهمية مميز المعادلة التكعيبية ، وأعطى الصيغة التي تسمى بـ "صيغة كاردان" (CARDAN) فى حالة خاصة كما فى "الصناعة العظمى" لكاردان .

وأمكن رشدى راشد القول بأن الخيام والطوسى قطعاً أشواطاً بعيدة فى ميدان يقال عادة ان ديكارت كان أول من ارتاده ، من جهتيّ النتائج والأسلوب. من هنا لم يعد بالإمكان تمثّل تاريخ الجبر الكلاسيكى كعمل النهضة الأوروبية، بوصفه يفضى إلى "الثورة الديكارتية" ، إلا إذا أهمل المؤرخ تيار علماء الحساب من جهة، وتيار المهندسين-المحللين من جهة ثانية. لذلك لم تتفرد حالة الجبر بين العلوم الرياضية بهذا الوضع. فهناك أمثلة عدة من حساب المثلثات ، والهندسة، وحساب الصغائر ، وعلم المناظر وعلم الأتقال ، والجغرافيا الرياضية ، وعلم الهيئة.

V – نشأة الحداثة العلمية الكلاسيكية

تبطل أعمال مؤرخى علم الهيئة فى العصر الحديث النظرة العنصرية لأعمال الفلكيين العرب. وميّز المؤرخ التقليدى بين مرحلتى العلم الغربى، أى بين المرحلة اليونانية وبين مرحلة النهضة، بظهور المعايير التجريبية. فهناك من يردّ هذه المعايير إلى تيار الأفلاطونية الأوغسطينية. وهناك من يردها إلى المسيحية ، ولاسيما عقيدة التجسيد منها. ويردّها ثالث إلى مهندسى عصر النهضة الأوروبية. ويردها رابع إلى "الأداة الجديدة" لفرانسيس باكون، وخامس إلى أعمال جليبرت وهارفي، وكبلر، وجاليلو. وتلتقى كلها حول نقطة واحدة : القول بغربية الحداثة العلمية الكلاسيكية. هل عصر النهضة وحده هو الذى أنشأ المنهج التجريبيّ وسيلة للبرهان؟ ذلك هو السؤال الأساس. فلفترة طويلة من الزمان ظلت الفكرة البديهية، ظاهرياً، تقول بأن "العلم الجديد" هو نتاج "المنهج الجديد"، منهج الملاحظة وبناء التصورات والمبادئ على أساس من معطيات الخبرة والتجربة. فهل قطع العلم الجديد تماماً مع السابق، على مستوى الرياضيات؟

تبين تحليلاتنا فى هذا الكتاب الشكل الخاطيّ لذلك التصور للعلم. لأن نظرية الحركة الجديدة فى الفيزياء الغربية الحديثة، تمثيلاً لا حصراً، لم تكن ممكنة من دون افتراض التفكير النظرى فى العالم ، أى لم تكن نظرية الحركة الغربية الحديثة ممكنة من دون افتراض مركزية الشمس. والافتراض الأساس، فى التصور السائد، هو أن "الفيزياء الحديثة" تكونت على أسس تجريبية. أدى اكتشاف توريتشلي، تمثيلاً لا حصراً، إلى وضع منهج "الفيزياء الحديثة" مكان نظريات العصور الوسطى. كيف حدث ذلك؟ هل بوحى من الخبرة المباشرة؟ هل بوحى من الاستقراء المتعمق والعائد إلى بيبكون صاحب الأداة الجديدة؟ هل يعنى الرجوع إلى الخبرة أن الفيزياء الحديثة كانت بالضرورة تجريبية؟ هل يعنى رفض منهج الاستقراء رفض التجريبية؟ ما الفرق بين الخبرة والمسلمة؟ إذا كان المنهج التجريبيّ لا يقوم على تعميم القضايا المستقاة من الظواهر، ما تحليل هذا المنهج على نحو أدق؟ لماذا احتاج نيوتن لأن يقول بأن ما توصل إليه قد بلغه من طريق التعميم والاستقراء؟

فرّق الفيلسوف الألماني عمانوئيل كانط في القرن الثامن عشر، ذلك القرن الذي شهد نشأة تاريخ العلوم بالمعنى الحديث لمصطلح تاريخ العلوم، في الفترتين المتتاليتين، ١٨ و ١٩، من كتابه مقدمات إلى الميتافيزيقا القادمة^(٢٧) بين الأحكام التجريبية *EMPIRISCHE URTEIL* وأحكام الخبرة *ERFAHRUNG SURTEILE*. ما الفرق؟ هل نقدر أن نقول إن أحكام الخبرة ليست أحكاماً تجريبية؟ ما السلامة الذاتية والصحة الموضوعية؟ كيف تقتزن الموضوعية والكونية؟ الموضوعية والكلية؟ ما العامل الحاسم في العلاقة بين الموضوعية والكلية؟ ما الكلية؟ هل نقدر أن نقول إن حكم الخبرة هو سلفاً حكم علمي؟

حاد بعض مؤرخي العلوم عن ذلك الرأي السائد منذ القرن التاسع عشر الميلادي^(٢٨)، فنسبوا أصول "التجريب العقلي" إلى الفترة العربية من تاريخ العلوم، وخص رشدي راشد بالذكر منهم فرانس وبيكه *F: WOEPCKE* وسوتر *SUTER* ولوكيه *LUCKEY* وألكسندر فون همبولت^(٢٩) *ALEXANDRE VON HUMBOLDT*، و"المهندس-الفيلسوف" أنطوان - أغسطس كورنو *ANTOINE-AUGUSTIN COURNOT (1801-1877)* الذي منح علم الاحتمال، من جهة أخرى، دوراً مهماً في منظومته الفلسفية ككل. فقد قام في الرياضيات بحساب الاحتمال. فهو أوسع تطبيق لعلم الأعداد^(٣٠).

VI- العلم التطبيقي العربي أو "الاعتبار"

إن تاريخ العلاقة بين العلم والصناعة يمكن الباحث من أن يدرك تاريخ البرهان والممارسة العملية. وليس من شك في أن تحديد حدة التعارض التقليدي بين العلم والصناعة يبدو علامة بارزة في جميع التيارات الفكرية التي سادت الفترة العربية. وهذه العلامة الكلية هي أساس حكم بعض المؤرخين بأن العلماء العرب يتصفون بروح عملي، مما أراح كل ما كان يحول دون تطبيق قواعد "الصناعة" وأدواتها على العلم، وبوجه أخص، على البرهان. لم يعد من الضروري للمعرفة أن تطابق النهج الأرسطي أو النهج الإقليدي لتوصف بأنها معرفة علمية. وبفضل هذا التصور الجديد لوضع العلم، ارتقت عدة فنون كانت تعتبر صناعية بحتة - كالكيمياء (القديمة) وخاصة الكيمياء بالمعنى الذي اكتسبته عند الرازي، والطب والصيدلة، والموسيقى وعلم اللغة - إلى مقام المعرفة العلمية. فإنه لم يكن بوسع التصور الجديد أن يؤدي إلى أكثر من توسيع نطاق البحث التجريبي وإلى مفهوم للتجريب غير واضح. فإننا نشاهد تعدد الطرائق التجريبية في ذلك العصر، كما نشاهد استعمالاً متسقاً لهذه الطرائق. وتشهد على ذلك تصانيف علماء النبات ومعاجم اللغويين، والتجارب التي كان يجريها الأطباء وعلماء الكيمياء، والتشخيصات الطبية المقارنة.

ولكن هذا المفهوم للتجريب اكتسب البعد الذى نشهد ظهوره فى ميدان المناظر بخاصة ، على يدى الحسن ابن الهيثم فى تنظيم الحجة التجريبية وتبويبها وترتيبها. لم يعد علم المناظر، فى أفق علم الحسن بن الهيثم، مجرد دراسة هندسية للإبصار أو للضوء ، بل أصبح "الاعتبار" صنفًا قائمًا بنفسه من أصناف الحجّة. ومن بعد ابن الهيثم ، تبنى كمال الدين الفارسي تمثيلا لا حصرا ، المعايير التجريبية فى بحوثهم فى علم مناظر قوس قزح، تمثيلا لا حصرا. وفى علم الضوء الهندسى ، الذى أصلحه الحسن ابن الهيثم ، تمثلت العلاقة بين الرياضيات والفيزياء فى تشاكل بنيتيهما. فقد استطاع الحسن ابن الهيثم ، بفضل تعريفه للشعاع الضوئي، أن يتصور ظواهر الامتداد - وظاهرة الانتشار - بحيث تتطابق هذه الظواهر وقواعد الهندسة بصورة تامة. ثم ابتكر تركيبات اعتبارية لاختبار قضايا كانت قد اختبرت من قبل على مستوى "التركيبات اللغوية" من خلال الهندسة.

ويذكر رشدى راشد من بين هذه الاعتبارات تلك التى كانت ترمى إلى امتحان قوانين علم الضوء الهندسى وقواعده. وتفصح إعادة نظر رشدى راشد فى أعمال ابن الهيثم عن نتيجتين :

١- الحصول على نتائج كمية ؛

٢- امتناع رد الأجهزة التى ابتكرها ابن الهيثم إلى أجهزة الفلكيين.

أنواع "الاعتبار"

أما فى علم الضوء كفرع من العلوم الطبيعية، فإن رشدى راشد يكشف عن نمط آخر من العلاقات بين الرياضيات والفيزياء، وبالتالي عن معنى جديد لتصور التجريب العلمى بوصفه "اعتباراً".

١- النوع الأول من "الاعتبار" : استقراء الأحكام أو القوانين العامة

يقرر ابن الهيثم ، وفقا لمقتضيات إصلاحه لعلم الضوء الهندسى، أن الضوء، أو أن أصغر الصغير من الضوء هو شيء مادي، مستقل عن الأبصار، وأنه يتحرك فى زمان ، وأن سرعته تتغير حسب الأوساط التى ينفذ فيها ، وأنه يسلك أسهل السبل ، وان قوته تضعف تبعًا لازدياد بعده عن مصدره.

٢- النوع الثانى من "الاعتبار" : اختبار صحة نتائج القوانين القياسية

تدخل الرياضيات من طريق الأمثلة التى يقيس فيها ابن الهيثم خطط انعكاس الضوء وانعطافه على خطط حركة جسم ثقيل. وتدخل الرياضيات فى علم الضوء من طريق الخطط "الدينامية" لحركة الأجسام الثقيلة ، بعد أن افترض الحسن ابن الهيثم أن هذه قد صيغت رياضياً. إن تطبيق الرياضيات على التصورات الفيزيائية هو الذى أسس لنقل هذه التصورات إلى مستوى "اعتباري" ، وكان هذا "الوضع الاعتباري" وضعاً تقريبياً، ولا

يحقق من وظائف التجريب العلمى إلا إمكان الاستدلال على الاتجاه العام للظاهرة. وهذا ينطبق، تمثيلاً لا حصراً، على مخطط حركة الجسم المرمى به ، كما يتصوره ابن الهيثم ، وكما تصوره ، على وجه ما ، كيبلر ورنيه ديكرت، فيما بعد ذلك التاريخ.

٣- النوع الثالث من "الاعتبار" : صياغة النموذج الإرشادي

هناك نوع ثالث من "الاعتبار" عند كمال الدين الفارسي نحو أوائل القرن الرابع عشر الميلادي. ويعود الفضل في إمكان إجراء ذلك النوع من "الاعتبار" إلى الإصلاح الذي أجراه ابن الهيثم على علم الضوء. وتهدف العلاقات بين الرياضيات والفيزياء في هذه الحال ، إلى صياغة نموذج ، وبالتالي إلى رد امتداد الضوء في جسم طبيعي إلى امتداده في جسم صناعي، هندسياً. فالغاية التي كان يرمى إليها كمال الدين الفارسي هي تحديد علاقات تماثل رياضية ، بين امتداد الضوء في جسم طبيعي ، وامتداده في جسم صناعي. ويكشف كمال الدين الفارسي عن ذلك، في استعمال كرة من البلّور ، مملوءة ماء ، لشرح ظاهرة قوس قزح.

إن الأنماط الثلاثة من التجريب الاعتباري لم تستعمل كأداة اختبار وحسب، إنما كوسيلة لتحقيق تصورات عامة. ففي الأحوال الثلاثة ، يرمى "المعتبر" إلى تحقيق عيني لمعقول لم يكن من شأنه أن يتحقق قبل ذلك. فعندما يعرض ابن الهيثم لأبسط مثال لامتداد الضوء على خطوط مستقيمة لا يعتبر أى ثقب كان في بيت مظلم ، بل يعتبر ثقباً معينة حسب نسب هندسية معينة ، ليحقق تصوره للشعاع. إن الإصلاح الذي أنجزه الحسن ابن الهيثم والمعايير التجريبية كجزء من البرهان في ميدان العلوم الطبيعية لم تنته بانقضاء واضعها. فهناك رابطة بين ابن الهيثم وكيبلر (KEPLER)، ثم بينه وبين علماء القرن السابع عشر.

VII- بتر التاريخ الموضوعي

من هنا استخلص رشدي راشد النتائج التالية :

إن فكرة غربية العلم الكلاسيكي ، التي برزت في القرن الثامن عشر كوسيلة لتكوين تصور لتعاقب أطوار العقل الإنساني ، دفعت الاستشراق في القرن التاسع عشر، إلى صياغة "أنثروبولوجية" تقول بأن العلم الكلاسيكي في جوهره أوروبي ، وأنه يمكن استكشاف أصوله في العلم والفلسفة اليونانيين؛

إن التعارض بين الشرق والغرب يكمن وراء النقد الموجّه ضد العلم وضد العقلانية بوجه عام من جهة ؛ ثم إنه يؤدي من جهة أخرى إلى استثناء الإنتاج العلمى بالشرق ، نظراً وفعلاً ، من تاريخ العلوم بدعوى :

١- عدم دقة العلم العربى ؛

٢ - مظهره "الحسابى العملي" ؛

٣- كان علماء تلك الفترة يعتمدون أشد الاعتماد على العلماء اليونانيين؛

٤- لم يبتدع علماء تلك الفترة المعايير التجريبية؛

٥- حافظ علماء تلك الفترة على المتحف الهيلينستي.

تغيرت هذه الصورة للعلم العربى فى القرن العشرين ، وبخاصة فى السنوات العشرين الأخيرة من القرن العشرين، إلا أنها لا تزال مؤثرة فى تاريخ العلوم؛

لم يتجاوز عصر النهضة الأوربية ، فى مجالات المعرفة العديدة، حدود تنشيط النهضة السابقة.

يغير رشدى راشد إذن تقسيم تاريخ العلوم السائد. ويقيم تقسيمات جديدة. وتلغى التقسيمات الجديدة التطابق بين "الترتيب المنطقي" و"الترتيب التاريخي" لوقائع تاريخ العلوم. ويستوعب هذا التقسيم الزمنى الجديد تحت لفظة واحدة بعينها ، "الجبر الكلاسيكي" أو "علم الضوء الكلاسيكي" ، تمثيلاً لا حصراً، أعمالاً تمتد من القرن العاشر إلى القرن السابع عشر، وبالتالي تتعدد مستويات تصور العلوم الكلاسيكية بل تتعدد مستويات تصور العلم فى العصر الوسيط، إذ إن تصور العلم فى العصر الوسيط يتكون من عناصر متباينة لها مستويات مختلفة. فالعلوم الكلاسيكية نتاج منطقة البحر الأبيض المتوسط، وهى نتاج منطقة الحوار بين الحضارات.

من هنا يمثل التأريخ الشامل للرياضيات العربية وفلسفتها تأريخاً صعباً وإن لم يكن محالاً. فنصوص العلماء العرب فى العصر الوسيط، مازالت مدفونة فى مختلف مكتبات العالم ولم ينشر منها مؤرخو الرياضيات منذ القرن التاسع عشر الميلادى إلا النزر اليسير. فمن المحال الإجابة عن السؤال عن أصول الرياضيات العربية قبل معرفة هذه النصوص معرفة كاملة. لذلك يتحول السؤال عن هذه الأصول عند بعض مؤرخى الرياضيات إلى سؤال عن الأصالة ORIGINALITE الصعبة نتيجة التأريخ الجزئى لتاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

مع ذلك أرخ رشدى راشد لتطور الرياضيات عند العرب، من داخل، وللمسالك المتعددة التى سلكها تطور الرياضيات من داخل. فحين عاد رشدى راشد إلى الجبر، تمثيلاً لا حصراً، فرق بين نهجين أساسيين لتطور الجبر :

١- تطور الجبر من خلال الهندسة واستخدام الأشكال الهندسية لاستخراج جذور بعض المعادلات؛

٢- تطبيق الحساب على الجبر وتوسيع تصور العدد بمحاولات غير مباشرة.

و قامت الفكرة الأساسية في تاريخ الجبر على تطبيق الحساب على الجبر وتوسيع تصور العدد بمحاولات غير مباشرة، أى قامت الفكرة الأساسية في تاريخ الجبر على استقلال العمليات الجبرية عن التمثيل الهندسي. وقد بدأ هذا النهج عند العلماء العرب في القرن الحادى عشر الميلادى وبخاصة عند أبى بكر محمد بن الحسين الكرجي.

وذكر رشدى راشد أن ابن الفتح وأبا كامل شجاع بن أسلم وأبا بكر محمد بن الحسين الكرجي وعمر الخيام وغيرهم من العلماء قد أقرروا كلهم بعد الخوارزمي أن وحدة الموضوع الجبرى هى فى عمومية العمليات لا فى عمومية الكائنات الرياضية. فهذه الكائنات الرياضية قد تكون خطوطاً هندسية أو أرقاماً عديدة. أما العمليات فهى التى يحتاج الباحث إليها لرد مشكلة ما إلى معادلة أو لوضعها فى صورة إحدى المعادلات "المرجعية" التى أوردها الخوارزمي وكملها الرياضيون من بعده ، أو تلك التى تلزم لإيجاد حلول خاصة تدعى عادة بالدساتير أو الصيغ.

العلاقة بين الجبر والهندسة

أصبح الجبر علم المعادلات. وظل على هذه الصورة حتى أواخر القرن الثامن عشر بعامه، وحتى لاجرونج بخاصة. ولئن مهد الخوارزمي لهذا التصور للجبر، فلقد أكدته خلفاؤه. فعمر الخيام يعرف الجبر بأنه علم المعادلات، ولا يتردد شرف الدين الطوسي فى أن يضع المعادلات فى عنوان كتابه عن الجبر. فان كانت الحدود بين هذا الجبر والحساب الابتدائى مميزة بوضوح فان الحدود بين الجبر والهندسة كانت ما تزال غير بيّنة.

و تدل على ذلك براهين الخوارزمي الهندسية. مثال ذلك براهينه حول تحديد شروط وجود جذور معادلات الدرجة الثانية. ولكن خلفاء الخوارزمي حاولوا إزاحة هذه العقبة المنطقية. حتى أولئك الذين استخدموا البراهين الهندسية لإيجاد جذور معادلات الدرجة الثالثة ، كالخيام، تمثيلاً لا حصراً، ذكروا أن الحل الهندسى لا يغنى عن الحل الجبري، ولا يمكنه أن يقوم مقام الحل من خلال الجذور العاملة على الأمثال . ولكن تحقيق فكرة البرهان الجبرى وبالتالي فكرة استقلال الجبر ونوعه لم يتم إلا بعد تعميم الحساب الجبرى وتطويره. ولقد أخذ الجبريون على عاتقهم منذ القرن الحادى عشر حل هذه المشكلة العملية لكى يستطيعوا حل مسألة استقلال الجبر ونوعه النظرى :

- ضرب القوى وقسمتها؛

- حساب العلامات الجبرية؛

- قسمة متعدد حدود في مجهول واحد على آخر؛

دستور الحدين وحساب أمثاله بما في ذلك اكتشاف ما يسمى بمثلث بليز بسكال مع أن بليز بسكال جاء متأخرًا بعدة قرون من بعد الكرجي.

في ضوء هذا المعنى وصل رشدی راشد بين القرن السابع عشر الأوروبي وبين أعمال مدرسة مراغة وما سبقها في علم الهيئة ومؤلفات الخيام وشرف الدين الطوسي في الجبر والهندسة الجبرية وكتابات بنى موسى وثابت بن قرة وابن سنان والقوهى وابن الهيثم في التحليل الرياضى ورسائل ابن سهل وابن الهيثم فى المناظر.

و كلنا يعلم أن بدايات العلم العربى ترجع إلى أعمال أقليدس وبطلميوس وآرشميدس وغيرهم من العلماء. وهى الأعمال التى ترجمت فى أغلبها فى القرن التاسع بتوجيه من الخلفاء ومن اللغة السريانية وأحياناً من اللغة اليونانية. لكن ليس من الممكن أن نفهم علم الضوء عند رنيه ديكارت وكبلر من دون العودة إلى علم الضوء عند ابن الهيثم. وليس من الممكن أن نفهم حال الجبر فى القرن السادس عشر من دون الرجوع إلى كتابات الجبر العربى التى ترجمت إلى اللغة اللاتينية فى القرن الثانى عشر. وليس من الممكن أن نفهم ديناميكا عصر النهضة الأوربية الحديثة من دون الاطلاع على نظرية ابن سينا. ليس من الممكن أن نفهم العلم الحديث من دون العودة إلى الهندسة، علم الفلك، الاستاتيكا، التحليل التوافيقي، وأغلب فروع العلم الكلاسيكي، من دون العودة الأصلية إلى العلوم العربية. ولا يعود رشدی راشد، فيما يعيد تقديم العلم العربى فى صورة جديدة، إلى كلام الفلاسفة أمثال الفارابي، ابن سينا، إخوان الصفا، وحدهم، -راجع الفصل الثانى من الباب الثالث من هذا الكتاب عن رياضيات الفلاسفة- إنما يعود كذلك، إلى العلماء أنفسهم الذين غيروا - على خلاف الفلاسفة والمتكلمين والفقهاء- أطر المعرفة اليونانية السابقة.

VIII- اللغة العلمية العربية

منذ بداية الدولة الإسلامية حتى القرن الثانى الهجرى (القرن الثامن الميلادي)، ظهرت كتابات علمية فى اللغة العربية فى فروع المعرفة. ومنذ القرن الثالث الهجرى (نهاية القرن الثامن الميلادى وبداية القرن التاسع الميلادي)، ازدهرت حركة البحث والتأليف فى اللغة العربية فى ميادين العلوم المختلفة. وتواصل الإنتاج

العلمى المبدع على هذا النحو حتى القرن التاسع للهجرة (القرن الخامس عشر الميلادي)، على وجه التقريب. وفي تلك الفترة كان هناك تأليف بلغات أخرى من لغات العالم الإسلامى، ولا سيما اللغة الفارسية، كما كانت هناك ترجمات من اللغة العربية إلى اللغة الفارسية، أو العكس، كما تشهد بذلك آثار النسوي، ونصير الدين الطوسي، تمثيلاً لا حصراً، إلا أن لغة التأليف فى العلم كانت اللغة العربية. فالعلم العربى هو ما كتب فى اللغة العربية فى ميادين العلوم المختلفة منذ تلك الفترة إلى فترة دخول العلم الأوروبى إلى بلدان عربية وإسلامية عدة، منذ نهاية القرن الثامن عشر. واتصل المجهود العلمى العربى فى ظل الدولة العثمانية وإيران -إبان حكم الدولة الصفوية- والهند حتى فترة متقدمة وإن أصبح هذا النشاط العلمى العربى هامشياً منذ القرن التاسع عشر إلى الآن : "من الخطأ اعتبار النشاط العلمى بعد دخول العلم الحديث إلى الوطن العربى- أى دخول علم القرن التاسع عشر الأوروبى، أو قل فترات منه- علماً عربياً، ولو كتب بلغة الضاد. فموقف الكاتبين بالعربية فى العلوم هو موقف التبعية، بمعنى أنهم لا يشاركون فى وضع الأسئلة المهمة، ولا فى الإجابة عنها."^(٣١) فالعلم العربى إذن هو ما كتب فى اللغة العربية عندما كانت المراكز العلمية الأساسية تتكلم فى هذه اللغة بين القرنين الثانى والتاسع (القرن الثامن الهجرى/القرن الخامس عشر الميلادي) على وجه التقريب. وكان العلم العربى عالمياً من جهة منابعه ومصادره الهلنستية والسريانية والسنسكريتية والفارسية والبابلية واليونانية، عالمياً بتطورات وإمداداته. وكان العلم العربى جزءاً من الممارسة الاجتماعية اليومية فى مختلف مستويات المجتمع الإسلامى. وليس هناك إجماع على هذه الفكرة. فمحمد عابد الجابرى يرى أن العلم بقى هامشياً. لكن أقام العلم العربى منهجاً نظرياً وعملياً فى آن واحد. وطبق العلم العربى العلوم الرياضية فيما بينها : الهندسة على الجبر، الجبر على الهندسة، الهندسة على الفيزياء فى مجال علم الضوء، الرياضيات على البحوث اللغوية. وأنشأ فصولاً علمية جديدة وعلومًا جديدة كالعمل الهندسى لجذور المعادلات، الهندسة التحليلية، تجديد نظرية الأعداد، المتغيرات العددية الأولية، المناظر كعلم فيزيائى، المنهج التجريبيّ طريق للبرهان، حساب التباديل والتوافيق.

من هنا لم يكن العلم العربى علم شراح -حتى القرن الثامن الهجرى (القرن الرابع عشر الميلادي) على الأقل- بل كان العلم العربى معرفة علماء ونقاد. ولم يكن ورثة العلم العربى هو العرب والمسلمين وحدهم بل أصبح العلم العربى إرثاً عالمياً. وبسبب الترجمة إلى اللغة اللاتينية واللغة العبرية فى أوروبا وكان العلم العربى المصدر للتعليم. والعلماء الأوروبيون هم الذين طوروا العلم العربى: طور كبلر ورنيه ديكارت علم المناظر لابن الهيثم كما كان متوفراً فى اللغة اللاتينية.

منذ القرن التاسع الميلادى أصبح للعلم لغة. وكانت هذه اللغة هى اللغة العربية. فالعلم العربى هو النشاط العلمى الذى مارسه العلماء بدءاً من القرن التاسع، فقد " قدر للسان العرب المبين المرن أن يصبح لسان العلم

فى الشرق الأدنى، كما كانت اللغة اللاتينية لغة الأوساط العلمية فى أوربا الغربية.^(٣٢) ولم تكن اللغة العربية لغة الخازن الأم لكنه ألف علمه فى اللغة العربية. وكان ثابت ابن قرّة صابنّيا وكان الرازى غنوصيا وكان أبو كامل مصريا وكان الخيام فارسيا. لكنهم ألفوا جميعا فى اللغة العربية.

أ- الرموز الرياضية

من هنا كان على رشدى راشد أن يترجم اللغة العربية الطبيعية إلى الرموز الرياضية الحديثة. إن للرمزية ثلاث اتجاهات :

اتجاه غيبى خاص بطريقة أدراك العالم الخارجى وبالوجود ذهنى الذى ينحصر فيه أو الوجود الفعلى؛

اتجاه باطنى وهو السعى إلى اكتشاف العقل الباطن وعالم اللاوعى؛

اتجاه لغوى خاص بالبحث فى وظيفة اللغة وإمكانياتها ومدى تقيدها بعمل الحواس وتبادل تلك الحواس ؛ على نحو يفسح أمام الكاتب أو الشاعر مجال اللغة وتسخيرها لتأدية وظائف الأدب.

بات كل بحث فى الرياضيات يفرض بالضرورة الكلام على الرمز.

الرمز وسيلة من وسائل التعبير العلمية. وهذه الوسيلة تكاد تغطى على سواها من سوائل التعبير عند العلماء الحديثين، إلى حد اعتبارها الأساس فى كل تعبير صوري.

هناك مضامين قد تعد حديثة تاريخياً، ولكن التعبير عنها تعبیر قديم يقوم على الخطابية. خطابية الفكرة وعلى التركيب المباشر، وعلى التشابه والنوع والاستعارات التى تخلق عنها العلم الحديث، واستعاض عنها بالصورة التركيبية، الصورة - الرمز أو الصورة- الشيء".

الرمز هو من جهة ثانية تجاوز للدلالة الاصطلاحية إلى دلالة ثانية هى دلالة الرمزية. لذلك عانى رشدى راشد من آلية الانتقال من معنى إلى معنى آخر متوقفين عند العلاقة المؤسسة، والرابط الذى يربط الرمز " كوجه بلاغى مقنع من وجوه التعبير بالصورة"، بعناصر المجاز الأخرى.

منذ بداية القرن التاسع عشر الميلادى صار المؤرخون لا يشكون، مع غياب النظام الرمزى فى الكتابة الرياضية العربية، فى أهمية التراث العلمى العربى. فعلاوة على الأشكال اللغوية المعهودة (المصطلحات، التركيبات) تلجأ الرياضيات إلى عدد من العلامات. والرموز الرياضية هى إذن علامات واختصارات متعددة تستخدم فى الرياضيات للإشارة إلى الكميات، والعلاقات، والعمليات الحسابية، بهدف تيسير هذه العمليات

الحسابية. كانت العمليات الرياضية أمراً شافاً في الرياضيات العربية، لنقص الرموز المناسبة لهذه العمليات. فقد كانت هذه العمليات الحسابية تكتب كاملة بالحروف والكلمات أو يشار إليها من طريق الاختصارات. فقد استهل الخوارزمي، تمثيلاً لا حصراً، بحثه في الجبر والمقابلة، من دون استخدام الرموز الرياضية، على النحو التالي : "و أنى لما نظرت فيما يحتاج إليه الناس من حساب وجدت جميع ذلك عدداً ووجدت جميع الأعداد إنما تركبت من الواحد والواحد داخل في جميع الأعداد. ووجدت جميع ما يلفظ به من الأعداد ما جاوز الواحد إلى العشرة يخرج مخرج الواحد ثم تنثى العشرة وتثلث كما فعل بالواحد فتكون منها العشرون والثلاثون إلى تمام المائة. ثم تنثى المائة وتثلث كما فعل بالواحد وبالعشرة إلى الألف ثم كذلك تردد الألف عند كل عقد إلى غاية المدرك من العدد . ووجدت الأعداد التي يحتاج إليها في حساب الجبر والمقابلة على ثلاث ضروب وهي جذور وأموال وعدد مفرد لا ينسب إلى جذر ولا إلى مال. فالجذر منها كل شئ مضروب في نفسه من الواحد وما فوقه من الأعداد وما دونه من الكسور. والمال كل ما اجتمع من الجذر المضروب في نفسه. والعدد المفرد كل ملفوظ به من العدد بلا نسبة إلى جذر ولا إلى مال فمن هذه الضروب الثلاثة ما يعدل بعضها بعضاً وهو كقولك أموال تعدل جذوراً. وأموال تعدل عدداً. وجذور تعدل عدداً." (٣٣)

وقد أدخل القلصادي، في كتابه "كشف الأسرار في علم الغبار"، في القرن التاسع الهجري/الخامس عشر الميلادي، علامة وضع الجذر التربيعي بعد أن حار علماء الحساب في أمرها زمناً طويلاً. ووضع الرموز الجبرية بدلاً من العلامات الجبرية مثل رمز (ج) للجذر، و(ش) للشيء، و(م) للمال، و(ك) للكعب، و(ل) لعلامة يساوي، وثلاث نقاط للنسبة. ورسم الكسور بشكلها المتعارف عليه الآن، وأضعاً خط الكسر وجاعلاً البسط "على رأسه" والمقام من تحته، وكانت القسمة عادة بهذه الطريقة وبهذا الشكل اقتبس الغرب رمزها (٣٤). ولأول مرة كشف "كشف الأسرار" عن ما سبق به القلصادي من محاولة في الجبر المختزل (٣٥).

أهمية العلم العربي في دراسة العلم اليوناني

مع ذلك النقص الرمزي المعروف في الرياضيات العربية، أصبح من الواضح أنه ليس بالإمكان دراسة تاريخ العلوم من دون معرفة الفترة العربية. فتعود أهمية هذه الفترة، من جهة أخرى، لدراسة العلم اليوناني وبخاصة العلم الذي نما في مدرسة الإسكندرية. ليس بالإمكان كتابة تاريخ العلم اليوناني من دون معرفة تاريخ مجالات العلم العربي الثلاثة :

طور العلماء العرب العلوم في مجالات كان العلماء الإسكندرانيون أنفسهم يجهلونها. هذا التطوير نفسه أسس لفهم اتساع العلم اليوناني وحدوده. فأعمال الحسن بن الهيثم في البصريات والتجديد العلمي الذي أجراه في ميدان البصريات مكنت المؤرخ من التأريخ للعثرات التي اعترضت أفليدس وبطلميوسو تقديرها. من جهة

أخرى، مكنت أعمال الكرجى، ومخطوطات عمر الخيام ، ومؤلفات شرف الدين الطوسى وغيرها من الرسائل فى الجبر والهندسة الجبرية، المؤرخ، من تحديد الأسباب التى حالت دون تطور هذا الفرع أو ذاك من الرياضيات على يد مدرسة الإسكندرية.

كانت شروح العلماء العرب لكتب الإسكندرانيين شرط معرفة التفسيرات التى نقل معها التراث اليونانى وفيه. فالتفسير، كما هو معروف، غير محايد. بالإمكان تفسير المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس، تمثيلاً لا حصراً، بشكل هندسى أو بطريقة جبرية. وهذا هو الاختلاف فى تفسير تاريخ الرياضيات. فابن الهيثم، تمثيلاً لا حصراً، فسر تفسيراً هندسياً فى حين قدم الكرجى ومن بعده السموأل المغربى التفسير الجبرى. فساعد ذلك على تطوير الجبر نفسه. وغالباً ما صاحب هذا التفسير أو ذاك الترجمات العربية للنصوص اليونانية عند انتقالها إلى أوروبا فى ما سُمى "بالعصر الوسيط" وما سُمى "بعصر النهضة".

هذه الترجمات نفسها كانت فى بعض الأحيان هى السبيل الوحيد لمعرفة الأوروبيين بهذه النصوص. فلقد فقد الأصل اليونانى لبعضها ولم تبق إلا الترجمات العربية. وهناك أمثلة عدة من بحوث العالمين أبولونيوس وبابوس.

- (١) الخوارزمي، "كتاب الجبر والمقابلة"، تقديم وتعليق على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٨، ص ٤ .
- (٢) الخوارزمي، "كتاب الجبر والمقابلة"، تقديم وتعليق على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٨، ص ٥ .
- 3) Claude Ptolémée, *Composition mathématique*, traduction de labbé Halma, suivie des notes de Delambre, Fac-similé de loriginal du tome 1 paru en 1813, et du tome paru en 1816, 2 volumes, Paris, A. Blanchard, 1988.
- 4) Pierre Duhem, *Essai sur la théorie physique de Platon à Galilée*.
- 5) Nicolas Copernic, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, édition dA. Koyré du libri I du *De Revolutionibus*, *Des révolutions des orbes célestes*, Paris, 1933, livre 1.
- 6) Alexandre Koyré, *La révolution astronomique, Copernic-Kepler-Borelli*, Paris, Hermann, 1961, I. *Copernic et le*
- 7) *bouleversement cosmique*, pp. 15-66.
- 8) Nicolas Copernic, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, édition ,d'A. Koyré du libri I du *De Revolutionibus*, *Des révolutions des orbes célestes*, Paris, 1933, livre 1, , ch. 2 et 3.
- 9) F. Woepke, *Sur lintroduction de larithmétique indien en Occident*, Paris, 1859; F WOEPKE , *Note sur des notations algébriques employées par les arabes*, *Comptes rendus de lAcadémie des Sciences*, Vol. 39, pp. 162-165.
- 10) H. Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber IHRE Werke*, Leipzig, 1900.
- 11)
- 12) Paul Luckey, *Die Rechenkunsh bei Gamsid b. Masud al-Kasi*, Wiesbaden: Steiner, 1951.
- 13) Gilles-Gaston Granger, *La mathématique sociale du Marquis de Condorcet*, Paris, Editions Odile Jacob, 1989; R. Rashed, *Mathématique et Société*, Paris, Editions Hermann, 1974; *Condorcet, Esquisse dun tableau historique des progrès de lesprit humain*, *Fragment sur lAtlantide*, Paris, Flammarion, 1988; Jean-Pierre Schandeler, *Les interprétations de Condorcet, symboles et concepts (1794-1894)*, Voltaire Foundation, Oxford, 2000.
- 14) Georges Gusdorf, *Les sciences humaines et la pensée occidentale*, 1, *De lhistoire des sciences à lhistoire de la pensée*, Paris, Payot, 1966. Georges Gusdorf, *Les sciences humaines et la pensée occidentale*, 5, *Dieu, la nature, lhomme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972; Georges Gusdorf, *ibid*, 6, *Les principes de la pensée au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1971, pp. 17-36, pp. 151-212, pp. 293-374.
- 15) Paul Hazard, *La pensée européenne au XVIIIème siècle, de Montesquieu à Lessing*, Paris, Fayard, 1963, Chapitre 3 : *La raison, les Lumières*; I; Joseph Juszezak, *Lanthropologie de Hegel à travers la pensée moderne, Marx-Nietzsche-A. Kojève-E. Weil*, Paris, Anthropos, 1977. Kant, *Beantwortung der Frage : was ist Aufklärung?*, in *Kantswerke*, Band 9, Insel Verlag wiesbaden, 1964. s. 53-61; Panajotis Kondylis, *Die Aufklärung im Rahmen des neuzeitlichen Rationalismus*, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2002.

16) *Lidée de progrès, publications de centre de recherches dhistoire des idées de luniversité de Nice, Paris, Vrin, 1982.*

كان تورجو *Turgot*، عرّف نظرية التقدم تعريفا واضحا عام ١٧٥٠ أمام جامعة السوربون بباريس بفرنسا، من بعد الفيلسوف الإيطالي فيكو (١٦٦٨-١٧٤٤)، مع عدم التنبه إلى ذلك في مؤلفاته عند ظهورها. على أن بحث تورجو حول تقدم الفكر البشرى أعاد من جديد تاريخ بوسويه *Bossuet* السابق. فكما أورد أرنست كسيرر، ثم كارل لوفيات *Karl Lowith* (1897-1973) في كتاب عن "التاريخ والخلاص" أو *Weltgeschichte und Heiliges chehen* فقد حلت فكرة التقدم محل الخلاص الإلهي. فالمجموعة الكلية للجنس البشري، بتناوب في الهدوء والاضطراب، وفي النعم والمصائب، تسير دائما، ولو بخطوات وثيدة، نحو كمال أعظم. وهو التفاؤل الذي مهد لأفكار كوندورسيه *Condorcet* الذي نقل التقدم المنقطع إلى التقدم المتصل، والتقدم/الإيمان إلى التقدم/نظرية. كان كوندورسيه مفكر التقدم بامتياز. كان يربط التقدم بالدولة. فالاختلاف بين كتابي بوسويه *Bossuet* "خطاب في التاريخ العالمي" وكوندورسيه، اختلاف في الدرجة لا في النوع. فهما يتبعان كتاب "مدينة الله" للقديس أوغسطين *Saint Augustin* الذي كشف عن خطة الخلاص اللاهوتية في التاريخ. لكن بوسويه وكوندورسيه صاغا خطة الخلاص في صورة دنيوية. وظهرت "فلسفة التاريخ" كميدان منفصل في الفترة التي بدأت بنشر الجزء الأول من كتاب يوهان جوتفريد فون هردر عن "مواد لفلسفة تاريخ البشرية" عام ١٧٨٤ . بعد ذلك قال جورج سوريل *G. Sorel* إن فلسفة التقدم هي الفلسفة التي توافق مجتمع الرفاهية. واستبقى ج. ف. ف. هيجل *G.W.F. Hegel* في "محاضرات في فلسفة التاريخ" عام ١٨٣٧، وماركس *K. Marx*، فكرة السير إلى الأمام وربطاه بالتقدم الاجتماعي وأكدّا بأنه محتوم. فكانا من ثم يواصلان الفكر البورجوازي في القرن التاسع عشر. أما حتمية التطور فقد عرفها أوجست كونت *Auguste Comte* أدق تعريف في قانون الحالات الثلاث الذي وضعه عام ١٨٢٠م. مع ذلك ظلت "فلسفة التاريخ" مقرونة، إلى حد كبير، بالطريق اللاهوتية-الميتافيزيقية في النظر إلى التاريخ. لأن هدف فلسفة التاريخ هو إدراك معنى كلي لمجرى الأحداث. لذلك فإذا كانت فكرة التقدم قد مكنت الباحثين من توليد ميدان "العلم العربي" في تاريخ العلوم بالمعنى الحديث الذي تبلور في القرن الثامن عشر الميلادي، فإن رشدى راشد لا يصوغ فلسفة لتاريخ العلوم، لأن فلسفة التاريخ تقتضي، في ذاتها وجودها، النظر اللاهوتي للخلاص. (انظر بهذا الشأن : خلاصة الفصل الثاني من هذا الباب.).

Fontenelle , Oeuvres choisies, pres. par P. Chambry(coll. Classiques - Larousse); J. - F. La Haye, De la philosophie au XVIIIème siècle, Genève, Slatkine Reprints, 1970 «tome 1, Des philosophes de la première classe, section 1, Fontenelle, pp. 17-36. ; J. - R. Carré, La philosophie de Fontenelle ou le sourire de la raison, Genève, Slatkine reprints, 1970, deuxième partie, L'homme selon Fontenelle, chapitre 4, L'histoire de la raison.

١٧) "الاستشراق : التاريخ والمنهج والصورة"، *I*، مجلة الفكر العربي، معهد الإنماء العربي، بيروت-لبنان، العدد ٣١، يناير-مارس ١٩٨٣، السنة ٥ ؛ "الاستشراق : التاريخ والمنهج والصورة"، *II*، مجلة الفكر العربي، معهد الإنماء العربي، بيروت-لبنان، العدد ٣٢، إبريل-يونيو ١٩٨٣، السنة ٥ ؛ إدوارد سعيد، "الاستشراق"، المعرفة، السلطة، الإنشاء، نقله إلى العربية كمال أبو ديب، بيروت-لبنان، مؤسسة الأبحاث العربية، ط١، ١٩٨١؛ د. محمد غلاب، نظرات استشراقية في الإسلام، من الشرق والغرب، وزارة الثقافة، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر، دار الكاتب العربي للطباعة والنشر، من دون تاريخ ؛ شاخت وبوزورث، "تراث الإسلام"، القسم الأول، ترجمة د. محمد زهير السمهوري، تعليق وتحقيق د. شاكِر مصطفى، مراجعة د. فؤاد زكريا، عالم المعرفة، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٧٨، ص ٦١-٦٤؛ رالف بارتون يري، إنسانية الإنسان، ترجمة الخضراء الجيوسي، منشورات مكتبة المعارف، بيروت-لبنان، ١٩٦١ . وهي ترجمة :

.Ralph Barton Perry, The humanity of man, Georges Braziller, Inc. New York, 1956.

أشلى مونتاغيو، (تحرير)، ترجمة د. محمد عصفور، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة، الكويت، ١٩٨٢، وهي ترجمة :

.Ashley Montague (ed.), The concept of the primitive, Free Press, New York

18) *La Science au présent, 2002, Une année d'actualité scientifique et technique, Encyclopedia Universalis, France, 2002, pp.262-295; Roger Caratini, Panorama encyclopédique des sciences, Paris, Belin, 1993, pp.333-364; Alphonse de Candolle (1806-1893), Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles, Paris, Fayard, 1987, publié à Genève en 1873 (première édition), en 1885 (deuxième édition)*

يقول Alphonse de Candolle "إن البلدان غير المسيحية غربية تماما عن الحركة العلمية" (ص ١٢١ من الأصل الفرنسي:

Alphonse de Candolle (1806-1893), *Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles*, Paris, Fayard, 1987, publié à Genève en 1873 (première édition), en 1885 (deuxième édition), p. 121:

١٩) د. طارق جلال العظم، صحيفة القدس اللندنية، الأربعاء ٢٤ أكتوبر ٢٠٠١ ؛ د. محمد عابد الجابري، "الخطاب العربي المعاصر"، دراسة تحليلية نقدية، المركز الثقافي العربي، الدار البيضاء، دار الطليعة، بيروت-لبنان، ط١، مايو ١٩٨٢ .

٢٠) ج. د. برنال، "العلم فى التاريخ"، ترجمة د. على على ناصف، ج١، بيروت-لبنان، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط١، ١٩٨١، ص ٣٠١ .

- 21) Corvisier, *Sources et méthodes en histoire sociale*, Paris, CDU et SEDES réunis, 1980. *Les origines de la périodisation en histoire*, pp. 38-44; *Les coupures traditionnelles de la chronologie*, pp. pp. 44-٤٧; *Remise en cause des coupures traditionnelles*, pp. 47-53.

كان المستشرقون يقسمون تاريخ العلوم العربية على النحو التالي:

أ- المرحلة الأولى : ٧٥٠م؛

ب_ مرحلة النقل : ٧٥٠-٩٠٠م على وجه التقريب؛

ج- العصر الذهبي : ٩٠٠-١١٠٠م؛

د- عصر الانحطاط : ١١٠٠م فصاعدا.

وقد أوحى هذا التقسيم المعروف بأن العرب، بحلول العصر الذهبي ٩٠٠-١١٠٠م تقريبا، أخذوا يعتمدون مصادرهم ومنابع علومهم الخاصة ويتقدمون بأنفسهم. والواقع أنهم كانوا يعتمدون مصادرهم منذ كانوا يترجمون، لأنهم ما كانوا يترجمون من أجل الترجمة إنما كانوا يترجمون وفقا للمقتضيات البحثية الأصلية. لذلك رأى رشدى راشد أن البحث فى اللغة العربية العلمية، نشأة وتطورا، يمثل موضوعا "يكاد البحث لم يبدأ بعد فيه" (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢١). كان القصد من الترجمة العلمية العربية القديمة تلبية حاجات البحث العلمى (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٣-١٢٤)، وكان المترجمون أنفسهم "من قادة الحركة العلمية، بل إن بعضهم من العلماء الخالدين على مر العصور، فمن بينهم : الحجاج بن مطر وثابت بن قرة وقسطا بن لوقا" (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٤). و "عندما ترجم ثابت بن قرة عدة كتب من مخروطات أبولونيوس -و هى أرقى ما كتب فى اليونانية- كان ذلك لحاجته إليها فى أبحاثه الرياضية، وخاصة تلك المتعلقة بحساب المساحات والحجوم. وهنا تجدر الإشارة إلى أن أبولونيوس لم يترجم حتى دعت الحاجة إليه، وذلك عندما بحث الحسن بن موسى، أستاذ ثابت بن قرة، فى حساب مساحة القطع الناقص". (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٤).

فى المقابل، رأى أرنالداز M. Arnaldez ولويس ماسينيون L. Massignon ، فى كتابهما عن "العصور القديمة والوسطى عام ١٩٥٧، كبدائية لسلسلة تاريخ العلوم التى كان يشرف عليها آنذاك تاتون، أن اللغة العربية، بوصفها لغة سامية، وجهت المعارف وجهات التحليل والمنهجية الذرية والبحث فى أسباب النزول والحكمة. وتميل اللغات السامية إلى التاليف المختصر والمجرد "المتجبرن" على نقيض الميل "الارى المهندس" . فإن البنية اللغوية هى المسؤولة عن تطور 'علم البنيات الجبرية'. (انظر بشأن المقاربة السامية واللاسامية للغات والعلم : أ. ولفنسون (أبو ذؤيب)، "تاريخ اللغات السامية"، دار القلم، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠؛ وانظر بشأن القرن التاسع عشر فرانكلين ل. باومر، ترجمة د. أحمد حمدي محمود، الفكر الأوروبى الحديث، من ١٦٠٠-١٩٥٠، ج٣، القرن التاسع عشر، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٩، ص).

- 22) J. F. Momtucla, *Histoire des mathématiques, Quatre tomes*, Paris, Albert Blanchard, 1960.

- 23) N. Bourbaki, *Algèbre commutative, chapitre 10*, 1998; *Eléments d'histoire des mathématiques*, 1984; *Eléments de mathématiques : algèbre, chapitres 1 à 3, 4 à 7 et 10*, 1987; *Espaces vectoriels topologiques : chapitre 1 à 5*, 1981; *Fonctions d'une variable réelle : théorie élémentaire*, 1976; *Groupes et algèbre de Lie : éléments de*

- mathématiques, 1989; Théories des ensembles : chapitres 1 à 4, 1990; Topologie générale, 1974; Variétés différentielles et analytiques, 1971.
- 24) Jean Dieudonné (dir.), Abrégé d'histoire des mathématiques : 1700-1900, 1986; Calcul infinitésimal, 1980; Eléments d'analyse, 1977; Eléments de géométrie algébrique, 1971; Introduction to the theory of formal groups, 1973; Panorama des mathématiques pures : le choix bourbachique, 1977; Pour l'honneur de l'esprit humain : les mathématiques aujourd'hui, 1987; Sur les groupes classiques, 1973.
- 25) Pappus d'Alexandrie, Collection mathématique, Tomes 1-2, Traduit du Grec, Avec une introduction et des notes par Paul Ver Eecke, 1982.
- 26) Viète, Oeuvres complètes, Tome 1 : Algèbre, Analyse, traduit du latin par Jean Peyroux «1991, Viète, Fin des oeuvres complètes, Tome 2 : Géométrie, Calendrier Grégorien, traduit du latin par Jean Peyroux, 1992.
- 27) Kant, Prolegomena zu einer jeden künftigen metaphysik, die als wissenschaft wird auftreten können, in Kant Werke, Band 5, Insel Verlag Wiesbaden, 1958, § 17, s. 161-163, § 18, s. 163-164, § 19, s. 164-165 .

صحيح أن عمانوئيل كانط جدد الفلسفة. وصار قياس الصواب في الفلسفة هو قياس الحكم، لا موضوع المدرك في الخبرة. وقام الصواب والخطأ على الحكم على الموضوع في الحدس المحسوس بوصفه موضوعا للتفكير . من هنا وضع عمانوئيل كانط الصواب والخطأ، الحقيقة والوهم، في الحكم وحده، أي في العلاقة بين الموضوع وذهننا. وصارت المعرفة التي تتوافق مع قوانين الذهن هي المعرفة الصحيحة. فالذهن لا يخطئ من نفسه. وحين يفكر الذهن بقوانينه، لابد للمعول/المفعول الذي هو الحكم أن يتوافق معها. مع ذلك فالتوافق بين الفكر وقوانين الفكر لا يقدم لنا سوى حقيقة شكلية. وليس من شك في أن الخيال يؤثر في توجيه حكم الذهن توجيهها خاطئا. لكن الأهم بالنسبة إلى كانط إنما هي أصول الذهن ومقولاته التي تنطبق على عالم فوق محسوس. لا يقصد كانط في قسم "الجدل المتعالي" من "نقد العقل المحض" سوى الوهم المتعالي الذي يؤثر استعمال الأصول خارج نطاق الخبرة، خارج الإطار التجريبي للمقولات، بدعوى الوهم بمد الذهن الخالص إلى ما وراء التجربة. الأصول المحايدة هي إذن أصول الذهن الخالص التي تطبق في حدود الخبرة الممكنة. والأصول المتعالية هي الأصول التي تخرج عن حدود الخبرة. هذه الأصول هي أصول الميتافيزيقا بالمعنى المحدود للكلمة. يُقال عن الأصول إنها متعالية لأنها تطبق في صورة متعالية.

و ليس لأصول الذهن الخالص التي عرض لها عمانوئيل كانط في التحليلات المتعالية في كتابه-العمدة "نقد العقل الخالص Kritik der reinen Vernunft (1781) سوى استعمال تجريبي من دون الاستعمال المتعالي، أي من دون الاستعمال الذي يجاوز حدود الخبرة. والقضايا الأساسية التي تتبع من مبدأ المطلق تتعالى على الظواهر كلها، أي أنه من المحال استعمالها استعمالا تجريبيا صحيحا. وتختلف هذه الأصول إذن تماما عن أصول العلم أو الذهن حيث استعماله محايت تماما. لأن الأصول الميتافيزيقية لا توصل إلا لإمكان الخبرة. بعبارة أدق، صار قياس الصواب هو التطابق أو عدمه بين الحكم والموضوع المحسوس. ولم يعد قياس الصواب يقوم فقط على التطابق بين الفكر ونفسه. فالتطابق بين الفكر ونفسه لا يقدم للمرء سوى قياسا شكلانيا خالصا للصواب. وصارت زاوية النقد عند عمانوئيل كانط تقوم على الاستعمال فوق المحسوس لمقولات الذهن. فالوهم المتعالي يقوم على إجراء أو تشغيل متعالي وغير محايت لمقولات المعرفة ومبادئها. والتبست الأصول بين أصول المعرفة و الأصول العقلية، وأصبح موضوع نقد الميتافيزيقا عند عمانوئيل كانط هو تفكيك الروح الإنساني.

- 28) Pierre Duhem, Le Système du Monde, Tome 2, Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, Paris, Hermann, 1965, pp. 117-392.
- لبيار دوهيم "الكوزمولوجيا في العصور الوسطى : نظريات اللانهاية، المكان، الزمان، الفراغ، وتعدد العوالم"، و"الهدف من النظرية الطبيعية وتركيبها"، و"إنقاذ الظواهر : بحث في فكرة النظرية الطبيعية من أفلاطون إلى جاليليو"، وكتب ر. ن. مارتن، "بيار دوهيم : الفلسفة والتاريخ في عمل فيزيائي مؤمن"، و " العلم الألماني"، وغيرها من المؤلفات المرجعية الأساسية.
- في مقابل نظرية بيار دوهيم العنصرية حول عجز العلم العربي، ، قال بيار روسو في كتابه عن تاريخ العلم إن العلم العربي لم يقتصر على نقل مجرد من الابداع للعلم الهلنستي.
- Pierre Rousseau, Histoire de la science, Paris, Fayard, 1945, Le flambeau de la science passe aux mains des Arabes, pp. 125-128.

كذلك اعترف شارل سينجر، تمثيلا لا حصرا، بأصالة الحسن ابن الهيثم، في :

Charles Singer, *Steps leading to the invention of the first optical Apparatus*, in *Studies in the history and method of Science*, Charles Singer (ed.), 2 volumes, Arnopress, New York, 1975, t. 2, pp. 391-413.

كما اعترف البحث الحديث في تاريخ العلوم بالدور الجوهرى الذى قام به العلم العربى فى تاريخ العلم بوجه عام، وذلك بحسب ما يبدو فى عمل العالم ميشيل سير الجماعي:

Paul Benoit et françoise Micheau, *Sixième bifurcation : un ou plusieurs héritages? Une ou plusieurs transmissions?*, pp. 151-175, in Michel Serres (dir.), *Eléments dhistoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989.

Vasco de Magalhaes-Vilhena, *Anciens et modernes, Etudes d'histoire sociale des idées*, Paris, Klincksieck, 1986.

29) Alexandre von Humboldt, *Über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren Einfluss auf die geistige Euturcklung des menschengeschlechts*, 1836.

30) A.A. Cournot, *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*, in *Oeuvres complètes*, tome 4, Paris, Vrin, 1973; *Traité de lenchaînement des idées fondamentales dans les sciences et dans lhistoire*, Livre I, *Lordre et la forme*, chapitres I-VIII, Livre V, *Lhistoire et la civilisation*, chapitres I-VII, in *Oeuvres complètes*, tome 3, Paris, Vrin, 1982; *Oeuvres complètes* ,Vrin, commentées, Paris, 1843, *Exposition sur la théorie des chances et des probabilités*, par M. Rashed, Genève, en 1873 (première édition), en 1885 (deuxième edition)

٣١) رشدى راشد، "تاريخ العلم والعطاء العلمى فى الوطن العربى"، مجلة المستقبل العربى، ١١، ١٩٨٥ ص ٣٩؛ تصور العلم الغربى، الآثار الإنسانية للتقدم العلمى، الناشر أ.ج. فورب، ادنبورج، ١٩٧٨، ص ٤٥-٥٤ . وقد كتبه رشدى راشد فى الأصل فى اللغة الفرنسية ثم تمت الترجمة الإنجليزية تحت عنوان العلم بوصفه ظاهرة غربية، العلوم الأساسية، ١، ١٩٨٠، ص ٧-٢١ . ثم تمت الترجمة العربية فى مجلة المستقبل العربى، ٤٧، ١٩٨٣، ص ٤-١٩؛ نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، ١٩٩٨، ص ١٢١-١٣٨ .

٣٢) ماكس مايرهوف، "العلوم والطب"، فى موسوعة : سير توماس ارنولد، "تراث الإسلام"، ترجمة جرجيس فتح الله، دار الطليعة، بيروت، ط٢، ١٩٧٢، ص ٤٤٧-٤٤٨؛ أنظر أيضاً : د. مصطفى محمود سليمان، "تاريخ العلوم والتكنولوجيا"، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٥، ص ٢٩٨-٣٢٦ ؛ ف. ج. أفاناسييف، الثورة العلمية والتكنولوجية، أثرها على الإدارة والتعليم، ترجمة موسى جندي، القاهرة، دار الثقافة الجديدة، ط١، ١٩٧٦ .

٣٣) الخوارزمي، "كتاب الجبر والمقابلة"، تقديم وتعليق على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٨، ص ١٦-١٧ .

٣٤) روز بول، "تاريخ الرياضيات"، الترجمة الفرنسية، باريس، ١٩٢٧، ص ٢٣٩-و ما بعدها.

٣٥) القلصادي، "كشف الأسرار عن علم حروف الغبار"، تحقيق د. محمد سويسى، بيت الحكمة، قرطاج، تونس، ١٩٨٨ ، ص ٩٠-٩١ .

المبارة الثاني :

تاريخ الرياضيات العربية

" في تاريخ الرياضيات، لا يكفي أن نكشف عن نظرية جديدة إنما ينبغي أن
نكشف عن مجال تطبيقها، حتى تدخل التاريخ من بابه الأوسع"

رشدی راشد

الفصل الأول

الحقول العلمية الجديدة

"لا يكفي ، كما هو معروف ، لتعريف مشروع ، أيّا كان ، أن ينطق بأهدافه النظرية ، بل ينبغي أن يعرف من خلال المشكلات العملية التي لابد أن تعترضه والتي ينبغي أن يحلها"

رشدی راشد

أ- بدايات علم الجبر

بيننا في الباب السابق برهان رشدي راشد أن الطريق، في تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمي ليست طريقاً مباشرة ولا طريقاً قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمي فهي ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العالم يستخدم في بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير الرياضي والتاريخي والفلسفي المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية-تاريخية-فلسفية أخرى. لكن عندما نبحث عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، سرعان ما نتوصل إلى هذه القناعة بأنه ينبغي طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة المسائل.

ليكن الأمر كذلك. وليكن أن رشدي راشد قد رسم ، كما بينا في الباب السابق، خطه للبحث. تتوافر فيه عناصر الطريقة الحديثة وتتوافر فيه شرائطه. ولكن يصح لنا أن نتساءل ما هي الأدلة على أن رشدي راشد قد طبق هذه الخطة في بحوثه وسلك سبيلها عملاً وفعلاً ؟ فإن وضع الخطط شيء وتنفيذها شيء آخر.

بحث رشدي راشد، إذن، في حقل العلوم وفلسفتها في الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر. وقد أدت هذه البحوث والدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول الرياضيات العربية كما صاغها المتقنون العرب والغربيون على حد سواء.

أولاً : محمد بن موسى الخوارزمي أو إنشاء علم الجبر

نشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى احمد، عام ١٩٣٧، في مصر، كتاب "الجبر والمقابلة" للخوارزمي^(١) وعلقا عليه. والنسخة التي نشرها على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد عبارة عن نسخة محفوظة باكسفورد بمكتبة بولدين. وهذه النسخة كتبت في القاهرة (و فرغ من نسخ المخطوطة في يوم الأحد

١٩ من المحرم سنة ٧٤٣ هجرية) ، أى أن النسخة كتبت بعد موت الخوارزمي بنحو ٥٠٠ سنة. وهذه النسخة العربية المحفوظة من كتاب الخوارزمي لم تنشر إلا عام ١٨٣١، قام بنشرها فردريك روزن، وطبعت بلندن ونشر معها ترجمة إنجليزية وتعليق إنجليزي ونشر مار *Marre* ترجمة فرنسية لفصل من كتاب الخوارزمي الذى يبحث في المساحات وبنيت هذه الترجمة على نسخة روزن العربية. وفي سنة ١٩١٥ نشر كاربنسكى ترجمة عن نسخة لاتينية ترجمها روبرت أوفتشستر عن الأصل العربي. وعام ١٩٣٧ نشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد لأول مرة الأصل العربى مشروحا ومعلقا عليه ومقدما له.

وأصل محمد بن موسى الخورزمي من خوارزم، وكان منقطعا إلى خزان' الحكمة للمأمون، وهو من علماء الهيئة، وله من الكتب كتاب الزيج نسختين أولى وثانية وكتاب الرخامة وكتاب العمل بالاسطرلابات وكتاب عمل الاسطرلاب وكتاب التاريخ.

ولا يعلم على وجه التحقيق تاريخ ولادة الخوارزمي ولا تاريخ وفاته، إلا أن عمل الخوارزمي فى مكتبة المأمون، الذى حكم من سنة ٨١٣ بعد الميلاد ، يدلنا على عصر اشتغال الخوارزمي بالعلم.

ألف الخوارزمي كتاب الحساب وكتاب الجبر، وكتاب فى تقويم البلدان شرح فيه آراء بطليموس، وكتاب رابع جمع بين الحساب والهندسة والموسيقى والفلك. وفى رسالة ألفها نلليو عن الخوارزمي وتجديده لجغرافية بطليموس أن هذا التجديد لا يعتبر مجرد تقليد للآراء الإغريقية بل بحث كاتب أوربي من مؤلفي ذلك العصر. هو واضع علم الجبر، وكان محمد بن موسى أحد الذين كلفهم المأمون بقياس درجة من درجات محيط الكرة الأرضية. ولما كان أكبر بنى موسى^(٢) هو محمد فأغلب الظن أنه محمد بن موسى الخوارزمي أما أبو جعفر فكنتيته. ولا شك فى أن محمدا بن موسى الخوارزمي كان مشهورا عند العرب كعالم فى الجبر، فكثيرا من المؤلفين المتأخرين كأبى كامل بن أسلم (حوالى سنة ٩٢٥ ميلادية) يعترفون للخوارزمي صراحة كمرجع من مراجعهم كما أن عمر بن إبراهيم الخيام (١٠٤٥-١١٢٣ ميلادية) يقتبس من ابن موسى دون ذكر المرجع.

وصار اسم الخوارزمي كلمة دخلت معاجم أغلب لغات العالم. فكلمة الجورنم *Algorithm* التى هى تحريف لاسم الخوارزمي، للدلالة على الطريقة الوضعية فى حل المسائل كما أن الشاعر الإنجليزي تشوسر يستخدم كلمة أوجرم *Augrim* للدلالة على الصفر إنما وصلت إلى الغرب من طريق الحساب الهندية بما فى ذلك استخدام الصفر إنما وصلت إلى الغرب عن طريق كتاب الخوارزمي فى الحساب. كما أن اسم علم الجبر فى جميع لغات العالم مشتق من الكلمة العربية الجبر وهى التى استخدمها الخوارزمي اسما على كتابه. وكانت الأعداد ١،٢،٨،٩،..... إلى أوائل القرن الثامن عشر تسمى باللاتينية الجورزمس *Algorismus* كما أن الكلمة الأسبانية التى معناها الأعداد أ، الأرقام هى جوارزمو *guarismo* وقد تعلم الغربيون علم الحساب عن

كتاب الخوارزمي في الحساب مترجما إلى اللاتينية، منها كتاب كارمن دي الجورزمو *Carmen de Algorismo* الذي وضعه اسكندر دي فيلادي *Alexander de Villa Die* حوالى ١٢٢٠ ميلادية وكتاب الجورزمس فالجارس (*Algorismus Vulgaris*) لمؤلفه جون اوف هاليفاكس (*John of Halifax*) حوالى ١٢٥٠ ميلادية^(٣).

و قد درس رشدى راشد بغداد في بداية القرن التاسع الميلادي/القرن الثالث الهجرى حين بلغت حركة ترجمة التأليف الرياضية الهلنستية الكبرى أوجها. في هذا الدور بلغت الترجمة آخر مراحل نضجها، بل وفي مستوى من التمام لم تبلغه طيلة قرون من تاريخها. كان ذلك زمن المأمون وخلفاء بنى العباس. ولعل حنين بن اسحق العبادي، ويوحنا بن ماسويه، ويعقوب ابن اسحق الكندي، وعمر بن الفرخان الطبري، هم من أشهر نقلة تلك المرحلة. وفي هذا الدور تقاطر إلى بغداد المترجمون من أنحاء العراق والشام وفارس وفيهم النصارى النساطرة والنصارى اليعاقبة والصابئة -أصحاب الديانة الطبيعية- والروم والمجوس والبراهمة- الكهنة الهنود-، يترجمون من اليونانية والفارسية والهندية وغيرها من اللغات، وكثر في بغداد الوراقون، وباعة الكتب، وتعددت مجالس الأدب والمناظرة، وأصبح الهم العام البحث والمطالعة، وظل ذلك التجديد متصلا حتى نقلت أهم كتب القدماء إلى العربية. كان النقلة في الغالب من النساطرة المسيحيين، وممن له التسلط في اللغات : الإغريقية، والسريانية، والعربية، وفي الغالب الفارسية. وأغلب هؤلاء النقلة كانوا ينقلون في أول أمرهم إلى اللغة السريانية ثم من السريانية إلى العربية. وكانت الترجمات السريانية تعمل خصيصا للتلاميذ النصارى. أما العربية منها فقد خصصت للخلفاء والوزراء ولبعض الأسر العربية اللامعة. وكان الخليفة المأمون^(٤) (١٩٨-٢١٨هـ/٨١٣-٨٣٣م) من أشهر خلفاء بنى العباس اهتماما بحركة الترجمة في هذا القرن. وكان بيت الحكمة أحد السبل المهمة التي حققت أهداف الترجمة.

و كان يقود الترجمات علماء الرياضيات أمثال ثابت ابن قرة (ت٢٨٧هـ-٩٠١م). وكان صيرفيا بحران، استصحبه محمد بن موسى بن شاكر، لما انصرف من بلد الروم لأنه رآه فصيحاً، فوصله بالخليفة المعتضد وأدخله في جملة المنجمين. فلثابت ابن قرة مكانة ممتازة بين من نقحوا الترجمات العربية للكتب الرياضية. وقد أضاف بعدا مغائرا للاهتمام بالعلم اليوناني. فقد كان ثابت ابن قرة من أهل حران وهي مدينة كراى القديمة، التي تشبث فيها العامة بوثنيتهم القديمة، وإن كانت الآلهة التي تعبد فيها تحمل بعض الأسماء اليونانية. وكانت حران تقع في وسط منطقة الثقافة السريانية المسيحية، بين مدينتي الرها ورأس عين على نهر بلياس وهو رافد صغير من روافد الفرات الأعلى. واشتهرت بلغتها الآرامية الفصحى. وقد تعود فصاحتها إلى تحررها النسبي من المؤثرات العبرية والمسيحية، وإن كان أسقف مسيحي يعد حران مركز كرسية الأسقفى. وكانت حران متصلة بالتجديد العلمى اليونانى الذى أثر فى الكنيستين النسطورية واليعقوبية

معا. وكانت ثقافتها مطبوعة بطابع الأفلاطونية الحديثة. وكانت المدينة الوثنية تتمتع بالحرية الدينية في ظل الحكم الإسلامي.

و كانت الأبحاث العلمية المتقدمة حافزا للترجمات. فقد كانت ترجمة قُسطا ابن لوقا البعلبكي^(٥) (المتوفى سنة ٩١٢-٩١٣) -وهو أحد النقلة البارزين من نصارى الشام في القرن الثالث الهجري في اللغتين اليونانية والعربية- لكتاب علوم العدد لديوفنطس نحو عام ٨٧٠، تمثيلا لا حصرا، بدافع البحث الدائر آنذاك حول التحليل الغير المحدد أو التحليل الديوفنطسي العقلي أو المسائل السيالة *INDETERMINES*، والتي قسمها بن سنان قسمين: المسائل السيالة *INDETERMINES* حصراً، والمسائل السيالة *INDETERMINES* المحدودة. كما كان البحث نفسه يقف وراء ترجمات المرايا المحرقة لديوقليس أو أنثيميوس التراقي. وقد مثلت الترجمة مرحلة مهمة من مراحل انتشار الرياضيات الهلنستية في اللغة العربية، في ذلك الحين وذلك المكان -بيت الحكمة في بغداد.

١-١- هدف كتاب "الجبر والمقابلة"

ألف الخوارزمي (٢٢٩هـ-٨٤٧م) الكتاب المختصر في الجبر والمقابلة الذي كان جديدا من حيث الموضوع ومن جهة الأسلوب^(٦). في كتابه الجديد نقرأ للمرة الأولى أن الجبر علم رياضى متميز ومستقل. ففي "الجبر والمقابلة" يبدو الجبر لأول مرة في التاريخ نظاما مستقلا ومعروفا بهذا الاسم. كان ذلك الكتاب- الأم كتابا حاسما بالنسبة إلى معاصري الخوارزمي وبالنسبة للتاريخ. كان كتابا حاسما من جهة أسلوب الخوارزمي في الرياضيات ومن جهة الموضوع الذي يطرحه الخوارزمي ومن جهة تعدد الإمكانيات التي فتحها منذ ذلك الحين إلى اليوم. كان الأسلوب خوارزميا وبرهانيا في آن. لذلك كان هدف الخوارزمي متعددا. كان هدفه السبق إلى ما لم يكن مستخرجا قبله فورثه من بعده، إذ مثل كتاب الخوارزمي، الجبر والمقابلة، مصدر إلهام لا للرياضيين العرب والفرس وحسب -عبد الحميد ابن ترك، ثابت بن قرة، الصيداني، سنان بن الفتح، أبو كامل، أبو الوفا البوزجاني، تمثيلا لا حصرا- إنما للرياضيين اللاتين والأوروبيين الغربيين حتى القرن الثامن عشر للميلاد.. لذلك فهذا النظام الجبري متميز عن الحساب اليوناني. فإن الرياضيين -ابن ترك وأبو كامل وابن الفتح، تمثيلا لا حصرا- طوروا، منذ عهد الخوارزمي، هذا النظام الجبري النوعي.

وكان هدفه كذلك شرح ما أبقى الأولون مما كان مستغلقا فأوضح طريقة وسهل مسلكه وقرب مأخذه. كان هدفه من جهة ثالثة الكشف في بعض الكتب عن بعض الخلل لإصلاحه. وقد شجعه الإمام المأمون أمير المؤمنين على إيضاح ما كان مبهما وتسهيل ما كان مستوعرا في الجبر والحساب والمقابلة. لذلك ألف في الحساب ما يلزم الناس من الحاجة إليه في مواريتهم ووصاياهم وفي مقاستهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفي جميع

ما يتعاملون به بينهم من مساحة الأرضيين وكري الأنهار والهندسة وغير ذلك من وجوهه وفنونه. ولما نظر فيما يحتاج إليه الناس من حساب وجد جميع ذلك عددا. ووجد جميع الأعداد إنما تركبت من ١ و ١ داخل في جميع الأعداد. ووجد جميع ما يلفظ به من الأعداد ما جاوز ١ إلى ١٠ يخرج مخرج ١ ثم تثني ١٠ وتثلث كما فعل بالواحد فتكون منها ٢٠ و ٣٠ إلى تمام ١٠٠. ثم تثني ١٠٠ وتثلث كما فعل في ١ و ١٠ إلى ١٠٠٠ ثم كذلك تردد ١٠٠٠ عند كل عقد إلى غاية المدرك من العدد.

بعبارة أخرى، قد كان هدف الخوارزمي هو صياغة نظرية للمعادلات الجبرية التي تقبل الحل بالجنور. ومع أن كتاب "الجبر والمقابلة" فقير من جهة الكتابة الرمزية التقنية إذا ما قيس بالأعمال الرياضية اليونانية فإن كتاب "الجبر والمقابلة" لا يمكن رده إلى الأعمال اليونانية القديمة ولا القديمة المتأخرة.

١-٢- خطة كتاب "الجبر والمقابلة"

خصص الخوارزمي القسم الأول النظرى لحساب الجبر والمقابلة، أى إنشاء مفرداته الأولية وتصويراته. وأسس الخوارزمي فى القسم الثانى للطرق المنتظمة التى تؤسس بدورها لإعادة مسائل العمليات الحسابية جميعها إلى أنواعها الجبرية الأساسية. وعالج فى الأقسام الأخيرة كيفية تطبيق هذا الحساب على المعاملات التجارية ومسح الأراضى والقياسات الهندسية والوصيات. من هنا بدا الجبر، بدنيا، علما نظريا وتطبيقيا فى آن واحد فى مجالى الأعداد والهندسة المترية. وصار الجبر مجاز "الحساب". والمجاز أو *Metaphor* فى اللغة الإنجليزية أو *Métaphore* فى اللغة الفرنسية أو *Metaphorikos* فى اللغة اليونانية الحديثة أو *Metaphora* فى اللغة اللاتينية، اسم مكان، فى اللغة العربية، من جاز الطريق إذا قطع جوزه أى : وسطه وانتهى لغايته. ويعود كون الجبر "مجاز" الحساب إلى سببين: صار من الممكن تطبيق قواعد الحساب على الأشياء العددية والهندسية بمفردات الجبر الأولية : العدد، المجهول، مربع المجهول. وظهرت منذ البداية إمكانات الجبر التطبيقية، وتلبية للحاجات العملية للحساب. وصار الجبر علما يقينيا وعمليا فى آن واحد، يتناول الأعداد والمقادير الهندسية معا. ولا يتعلق جبر الخوارزمي بأى تراث "حسابي" سابق على تراث ديوفنطس الحسابي.

عند الخوارزمي نوعان من المفردات الأولية :

١-٣-١ المفردات الجبرية البحتة

كشف الخوارزمي عن الأعداد التى يحتاج إليها فى حساب الجبر والمقابلة على ثلاثة ضروب وهى :

- أ- **الجذور** : فالجذر منها كل شئ مضروب فى نفسه من الواحد وما فوقه من الأعداد وما دونه من الكسور؛ المجهول المسمى تارة بالجذر أو الشئ؛ س
- ب- **الأموال** : المال كل ما اجتمع من الجذر المضروب فى نفسه؛ مربع الشئ أو المال؛ س^٢
- ج- **العدد المفرد الذى لا ينسب إلى جذر ولا إلى مال** : وهو كل ملفوظ به من العدد بلا نسبة إلى جذر ولا إلى مال؛ الأعداد النسبية الموجبة.

فمن هذه الضروب الثلاثة :

أ- المعادلات التى تحتوى على حدين اثنين من هذه الحدود، فعدد أشكالها الثلاثة على الترتيب:

$$١- أ س^٢ ب س = س:$$

وشرح الخوارزمى طريقة حل المعادلة بأمثلة عددية، واقتصر على الكميات الموجبة المحدودة.

$$٢- أ س^٢ = ح:$$

وشرح الخوارزمى طريقة حل المعادلة بأمثلة عددية، واقتصر على الكميات الموجبة المحدودة.

$$س^٢ = ٩ فهو س^٢ وس = ٣ وكقولك ٥ س^٢ = ٨٠؛ س^٢ = (٥/٨٠) = ١٦$$

وشرح الخوارزمى طريقة حل المعادلة بأمثلة عددية، واقتصر على الكميات الموجبة المحدودة.

$$س = ٣ ، س^٢ = ٩ . وكقولك ٤ س = ٢٠ ، س = ٥ وس^٢ = ٢٥ وكقولك ٢/١ س = ١٠ ، س = ٢٠ وس^٢ = ٤٠٠ .$$

وكشف الخوارزمى عن هذه الضروب الثلاثة، تقترن فيكون منها ثلاثة ضروب مقترنة من المعادلات من الدرجة الثانية وهى :

$$أ س^٢ + ب س = ح؛ أ س^٢ + ح = ب س، ب س + ح = أ س^٢ .$$

ثم بين الخوارزمى قاعدة حل كل من هذه الأنواع شارحا ذلك بأمثلة عددية.

$$٢ س^٢ + ٠١ س = ٤٨ س^٢ + ٥ س = ٢٤$$

$$س + ح = س^٢$$

من هنا فقد كشف الخوارزمي عن أنَّ كل ما يعمل به من حساب الجبر والمقابلة لابد أن يخرجك إلى أحد الأبواب الستة التي وصفت في كتاب "الجبر والمقابلة":

$$=, \sqrt{\quad}, \div, \times, \pm$$

١-٣-٢- المفردات المشتركة بين الجبر والحساب :

فعند الخوارزمي تصورات أساسية : المعادلة من الدرجة الأولى والثانية؛ ثنائية الحد وثلاثيات الحدود المقترنة بها؛ الشكل المنتظم؛ الحل بطريق الحساب؛ قابلية البرهنة لصيغة الحل. وقد احتفظ الخوارزمي بثلاث معادلات ثنائية الحدود وبثلاث معادلات ثلاثية الحدود:

$$ax^2 = bx, ax^2 = c, bx = c ; ax^2 + bx = c, ax^2 + c = bx, ax^2 = bx + c$$

و تميز عمل الخوارزمي في "الجبر والمقابلة" عن اللوحات البابلية وحساب ديوفنطس. فهو لم يقصد إلى سلسلة من المسائل واجبة الحل، بل قصد عرضاً ينطلق من مفردات أولية شكلت بوضوح الغرض الفعلي للدراسة. ومن جهة ثانية فإن فكرة المعادلة تظهر لذاتها منذ البداية وعلى نحو عام بحيث إنها لا تقوم في أثناء حل مسألة من المسائل المعروضة، بل إنها مقصودة لنفسها لترمز إلى "نوع لانتهائي من المسائل". ثم صعد الخوارزمي إلى المرحلة الثانية من التعميم وأدخل تصور الشكل المنتظم، أي تصور رد منظم لكل معادلة إلى شكلها المنتظم المكافئ. وبلغ معادلات ثلاثيات الحدود :

$$x^2 + px = q \quad x^2 = px + q \quad x^2 + q = px$$

إذن أعد الخوارزمي التصورات لوضع صيغ حساب الحلول. وقارب الحالات الثلاث. ويجاوز البرهان حدود القيم العددية الخاصة. وضرب رشدي راشد مثلاً بالمعادلة الأولى من المعادلات الثلاث. ولتكن $p = 10$ و $q = 39$. ولقد حصل في هذه الحالة على :

$$x = [(p/2)^2 + q]^{1/2} - p/2$$

و يحصل بالتوالي في الحالتين الأخريين على :

$$x = p/2 + [(p/2)^2 + q]^{1/2}$$

وإذا كان : $(p/q)^2 > q$ فإن :

$$x = p/2 \pm [(p/2)^2 - p]^{1/2}$$

وبين، في هذه الحالة، (٣) :

إذا كان $q = (p/2)^2$ وإذا كان $q > (p/2)^2$ فالمسألة مستحيلة.

و برهن الخوارزمي عن غير طريق الجبر الصيغ المختلفة. واستعان في ذلك البرهان بالأشكال الهندسية. وتوسل بتساوى المساحات. وقدم كلا من البراهين بوصفها "علة" للحل. صار لكل حالة برهان، بل لكل ضرب من المعادلات برهانين. من هنا تميزه عن البابليين وديوفنطس جميعا. جميع المسائل الجبرية ترد إلى معادلة ذات مجهول واحد من الدرجة الثانية على الأكثر، وذات معاملات نسبية موجبة. وهي المعادلة الوحيدة المقبولة في كتاب الجبر والمقابلة للخوارزمي. فالعمليات الجبرية نقل ورد لأحد طرفي المعادلة. والحل اختيار أى لوغارتمية -برهان قبل هندسي- لكل ضرب من ضروب المسائل. فقد أخذ الخوارزمي على عاتقه دراسة الحساب الجبري بحد ذاته، أى دراسة خصائص ثنائيات الحد وثلاثيات الحدود المترافقة مع المعادلات المذكورة في القسم الأول من كتاب الجبر والمقابلة. ودراسة خصائص ثنائيات الحد وثلاثيات الحدود المترافقة مع المعادلات المذكورة في القسم الأول من كتاب الجبر والمقابلة، هي المحاولة الأولى التي خصصها عالم من العلماء للحساب الجبري بحد ذاته. فلا تظهر عناصر الحساب الجبري من خلال الحل لمسائل مختلفة، بل صارت عناصر الحساب الجبري هدفا لفصول مستقلة نسبياً.

نهضت إذن فكرة الجبر عند الخوارزمي على البحث عن نظرية المعادلات الخطية والتربيعية ذات المجهول الواحد وحساب أولى على ثنائيات الحد وثلاثيات الحدود المترافقة معها. ووحده الحل بالجذور يجيب عن شروط الخوارزمي. ومن المحال أن نجد نظرية كهذه قبل الخوارزمي. صحيح أننا قد نجد هذا التصور أو ذاك من تصوراته في نص معين من النصوص القديمة أو المتأخرة. ولكن لم تظهر جميعها. ولم ترتبط ببنية كبنية الخوارزمي. وتفسر هذه البنية النظرية المعدة الفقر الظاهري لتقنية جبر الخوارزمي وتجديده المقصود للمصطلحات. من هنا فقد كان الخوارزمي هو من صاغ وحدة الجبر من جهة شمولية الكائن الرياضى ومن جهة شمولية عملياته. وهو من فتح الأفق لحسنة الجبر. وبالتالي فهو الذى جدد في "نوع معقول" من أنواع الرياضيات المعقولة نفسها.

ثانيا : الكَرَجى أو البداية الثانية للجبر

للكرَجى (المتوفى في بداية القرن الحادى عشر الميلادى) موقع فريد في تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. فقد صاغ النظرية الوحيدة، من بعد الخوارزمي وابن الفتح وأبى كامل، في الحساب الجبري عند العرب. كانت غاية الكَرَجى هو "البحث عن سبل لتحقيق استقلالية وخصوصية الجبر كى يصبح بمقدوره، بشكل خاص، الاستغناء عن التمثيل الهندسى للعمليات الجبرية، فالقضية تتعلق في الواقع ببداية جديدة للجبر

وذلك بتطبيق منهجى لعمليات الحساب على $[0, a]$ حسنة الجبر هذه تستند إلى جبر الخوارزمى المطور من قبل أبى كامل وكثيرين غيره، بالإضافة إلى كتاب المسائل العددية لديوفنطس المشروح والمطور من قبل الرياضيين العرب أمثال أبى الوفاء البوزجاني. بالاختصار، فإن اكتشاف وقراءة مؤلف ديوفنطس فى ضوء التصورات والوسائط الجبرية الخاصة بالخوارزمى وغيره من الجبريين العرب مكنت من انطلاقة جديدة فى الجبر مع الكَرَجى كاتب أول عرض جبرى فى متعددات الحدود.^(٧).

كانت غاية الكَرَجى إذن، هى توسيع الحساب الجبرى. وأكمل الكَرَجى مشروع تطبيق العمليات الحسابية على المفردات والعبارات الصماء. تلك كانت المسألة إلى طرحها الكَرَجى واستعملها السموأل. أفضى هذا المشروع إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. لقد درس الجبريون-الحسابيون البنية الجبرية لمجموعة الأعداد الحقيقية R وإن لم يحاولوا بناء مجال الأعداد الحقيقية R . لكن التقدم أصاب مجالا جبريا آخر، جددده فيما بعد، الخيام وشرف الدين الطوسي.

وضمن تراث هذا الجبر، استطاع الكَرَجى والسموأل أن يوسعا عمليتهما الجبرية إلى الكميات الصماء. وكانت نتيجة هذا المشروع هو التفسير الجديد للمقالة العاشرة من كتاب "الأصول" الذى وضعه أقليدس (٢٨٣ق.م) حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد، ذلك الكتاب الذى اقتصر على الهندسة فى نظر أغلب علماء الرياضيات بعامة، والكَرَجى وابن الهيثم بخاصة.

جمع أقليدس، فى كتاب "الأصول" الذى وضعه أقليدس (٢٨٣ق.م) حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد، القضايا أو الأشكال الأساسية (الأصول) التى توصل إليها أسلافه فى بحوث الهندسة والعدد، وأضاف إليها براهين من عنده فى بعض الأحيان، ورتب كل ذلك ترتيبا شاملا جديدا كان له أثر عميق فى تاريخ الرياضيات بوجه عام وتاريخ الهندسة بوجه خاص. والكتاب يجمع الرياضيات الأولية. ولم يكن له منازع فى العالم الوسيط الإسلامى. عرف كتاب أقليدس فى العالم الإسلامى بأسماء عدة : كتاب "الأركان"، هذا اسمه بين حكماء يونان، وسماه من بعده الروم باسم "الاسطقسات"، وسماه العرب باسم "الأصول". وكذلك أطلق على الكتاب اسم جومطريا، أى "أصول الهندسة". هو إذن كتاب الأصول أو أصول الهندسة أو أصول الهندسة والحساب. وقد كان كتاب "الأصول" من أوائل الكتب الرياضية التى ترجمها العرب عن اللغة اليونانية. وكتاب "الأصول" كما وضعه أقليدس يشتمل على ثلاث عشرة مقالة. فى إطار تقليد الكَرَجى صارت تصورات المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" جزءا من علم الجبر.

صارت مهمة الجبر الخاصة، حسب الكَرَجى، هى استخراج المجهولات من المقدمات المعلومة. "فغرض الجبر فى الواقع هو تبيان كيفية استخراج الكميات المجهولة بواسطة الكميات المعلومة عن طريق تحويل

المعادلات المعروضة. فالقضية تتعلق بمهمة تحليلية بشكل واضح. من هنا يفهم التوسيع للحساب الجبرى المجرد ويفهم أيضا لماذا لم يلبث أن قرن الجبر بعد الكَرَجى بالتحليل وقوبل بطريقة ما بالهندسة محققا بذلك استقلاليتَه الذاتية [...] من جهة، هناك العمليات الضرورية لإرجاع مسألة معينة إلى شكل معادلة، أو بدقّة أكثر إلى أحد النماذج القانونية المنصوصة من قبل الخوارزمي، ومن جهة أخرى هنالك عمليات ضرورية لإعطاء حلول خاصة، أى قوانين^(٨). وتوصل الكَرَجى، للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات، إلى صياغة طريقة عامة فى حال المعاملات الموجبة وحدها. وكانت هذه الطريقة هى أساس حل السموأل لمسألة كثيرة الحدود ذات المعاملات النسبية وغيرها من المشكلات العديدة.

ثالثا : بدايات الجبر فى القرنين العاشر والحادى عشر

يروى تاريخ الجبر الكلاسيكى ثلاثة أحداث متتابة وكأنها منفصلة وهى : تشكيل نظرية المعادلات التربيعية لدى الخوارزمي، والحل العام تقريبا للمعادلة التكعيبية لدى رياضى المدرسة الإيطالية وبصورة خاصة ترتاجليا وكاردان، وإدخال وتوسيع الرمزية الجبرية لدى فيات ورنيه ديكارت. أما رشدى راشد فقد ربط تاريخ الجبر بالحساب الجبرى المجرد. لذلك عاد رشدى راشد إلى التقاليد الرياضية نفسها كى يدعم فكرة أن الجبر الكلاسيكى قد جدد نفسه منذ نهاية القرن العاشر الميلادى. وأمكن رشدى راشد تحديد تقليدين رياضيين ارتبط بهما الجبر : الأول هو التقليد الحسابى أو "الصناعة العلمية". وينطوى التقليد الحسابى على نظرية الأعداد وعلى صناعة الحساب. وقد عاد هذا التطوير إلى علماء الرياضيات العرب أنفسهم بعد ترجمة المسائل العددية لديوفنطس. ولإتمام ذلك استفاد الكَرَجى وأتباعه من التطوير ومن الجبر ومن طريقة تطبيق الجبر منذ الخوارزمي.

و أما التقليد الثانى فقد كان التقليد الهندسى وبخاصة العمل على التحديدات المتناهية فى الصغر ومن حاولوا تطوير الجبر من خلال الهندسة. وقد توصل الخيام وشرف الدين الطوسى إلى الدراسة الجبرية للمنحنيات ووضعوا الأسس للهندسة الجبرية.

١- الانقلاب فى الجبر الجديد

إن الجبر الذى طوره الرياضيون بعد قرن ونصف القرن تقريبا من الخوارزمي قد تحول فى ضوء الحسبنة. فالحسبنة هى ما قام بها الكَرَجى والسهروردى والسموأل بوصفها "تقلا لعمليات الحساب الأولية وخوارزمية القسمة الإقليدية أو استخراج الجذر وتمديد ذلك إلى العبارات الجبرية وبخاصة إلى متعددات الحدود. وبفضل حسبنة الجبر هذه تمكن الرياضيون ما بين القرنين العاشر الميلادى والثانى عشر الميلادى،

من إنشاء جبر متعددات الحدود والوصول إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. أو بعبارة أخرى، لنقل بأن هؤلاء الرياضيين عملوا بطريقة تجريبية للوصول إلى توسيعات جبرية منتهية لحقل الأعداد المنطقية^(٩)

كانت مهمة الرعيل الأول من الجبريين تتمثل في "حسنة الجبر". وكان الخوارزمي قد شكل الجبر الذي طوره أتباعه من أمثال أبي كامل (٨٥٠-٩٣٠). كان المشروع، إذن، هو، كما عبر السموأل، "التصرف في المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب في المعلومات". هو مشروع تطبيق عمليات الحساب الأولى منهجياً، على المجهولات الجبرية والنظر إلى المجهولات الجبرية نظرة مجردة في آن واحد. وقاد تحقيق هذا المشروع إلى توسيع الحساب الجبري المجرد، وتنظيم البحث الجبري حول التطبيق المتتالي لمختلف عمليات الحساب. والنتيجة الأساسية لكتاب "الفخري" للكرجي وكتاب "الباهر" للسموأل الجبريين هي صياغة البنية الجبرية للأعداد الحقيقية.

كان السموأل (القرن الثاني عشر الميلادي)، تمثيلاً لا حصراً، قد بدأ بتعريف عام للقوة الجبرية. وعلى أساس من التعريف التالي: $X^0 = I$ ، صاغ القاعدة المعادلة: $X^m X^n = X^{m+n}$

حيث $m, n \in \mathbb{Z}$

وفى سياق البرهان على هذه المعادلة ظهر الاستقراء التام المنتهى كوسيلة للبرهان. ثم أتى الجواب على السؤال التالي: كيف بالإمكان استخدام الضرب، القسمة، الجمع، الطرح، واستخلاص الجذور، فى سياق الكميات غير الصحيحة؟

مثلت الإجابة على هذا السؤال الدراسة الأولية -وإن كانت بعدُ فى صورة تجريبية - للإمدادات الجبرية المتناهية لجسم الأعداد الصحيحة. فى تلك الدراسة فصل مهم عن التحليل غير المحدد أو التحليل الديوفنطسى الصحيح. غير أن كتاب السموأل -وكتاب الكرجى من قبله وكتب علماء الرياضيات من ذلك التراث الجبرى العددي- يحتوى على فصل قصير عن المعادلات الجبرية التى صدرت عن حل المعادلة التربيعية. كانت المعادلات الجبرية تحتل الحيز الأكبر فى كتاب الخوارزمي، ثم أصبحت تحتل الحيز الأصغر عند علماء الجبر العدديين، ثم استعادت حيزها الخوارزمي عند الرياضيين الجبريين الهندسيين. عند بعض علماء الجبر العدديين يحتوى هذا الفصل على بحث عن الحل الجبرى للمعادلة التكعيبية. غير أن النتائج التى توصل إليها الجبريون العرب فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر والنظريات التى برهنوا عليها قد اعتاد المؤرخون أن

ينسبونها إلى علماء الرياضيات في القرنين السادس عشر والسابع عشر. من جهة أخرى، أدى تطبيق الجبر على الحساب التقليدي إلى إنشاء عدة فصول:

١- التحليل العددي ومناهج استخراج جذر ن مرة لعدد صحيح؛

٢- مناهج التقريب المتعددة؛

٣- الحل العددي للمعادلات الجبرية؛

٤- نظرية الأعداد التقليدية.

نحو أواخر القرن التاسع كانت الكتب الحسابية لأقليدس والمدخل الحسابي لنيقوماخوس الجراسي قد ترجمتا. وصاغ أقليدس نظرية في الأعداد التامة. لكن لا هو ولا نيقوماخوس ولا أي يوناني آخر صاغ نظرية الأعداد المتحابية. والأعداد المتحابية هي : إذا ترابط عدنان بحيث كان مجموع قواسم كل منهما التي هي أصغر منه، مساوياً للعدد الآخر، كان هذان العدنان متحابين، فالعدنان ٢٢٠، ٢٨٤، متحابان لأن قواسم العدد ٢٢٠ التي تقل عنه، هي ١، ٢، ٤، ٥، ١٠، ١١، ٢٠، ٢٢، ٤٤، ٥٥، ١١٠، ومجموعها ٢٨٤، كما أن قواسم العدد ٢٨٤ التي تقل عنه، هي ١، ٢، ٤، ٧١، ١٤٢، ومجموعها ٢٢٠.

١-١- مبرهنة ابن قرة

قام ثابت ابن قرة - وقد كان مترجم كتاب نيقوماخوس ومراجع ترجمة كتاب "الأصول" لأقليدس - بصياغة أول نظرية للأعداد المتحابية في أسلوب أقليدس تام. وبرهن ثابت ابن قرة على النظرية الأهم حتى ذلك الحين في الأعداد المتحابية والمعروفة اليوم باسم "مبرهنة ابن قرة" في الأعداد المتحابية. وهذه المبرهنة هي:

إذا كان $n > 1$ ، لنضع $p_n = 3.2^n$ و $q_n = 9.2^{2n-1}$ ؛

فإذا كانت p_{n-1} و p_n و q_n أعداداً أولية،

عندها يكون العدنان $a = 2^n p_{n-1} p_n$ و $b = 2^n q_n$ عددين متحابين: عدد زائد، وعدد ناقص. وذكر رشدي راشد أن برهان ابن قرة ارتكز على قضية مكافئة للقضية رقم ١٤/٩ من تلك القضايا الواردة في كتاب "الأصول" لأقليدس. واستخدم ابن قرة بالتالي خواص المتسلسلة الهندسية ذات المضاعفة (2 de raison) .

واقصر تاريخ النظرية الحسابية في الأعداد المتحابة، منذ ابن قرة إلى القرن التاسع عشر الميلادي، على نقل علماء الرياضيات لهذه المبرهنة وعلى اعتماد حساب الثنائيات من هذه الأعداد. وقد أسهم الأنطاكي (ت ٩٨٧م)، والبغدادي، وابن هود، والكرجي، وابن البناء، والأموي، في نشر مبرهنة ابن قرة في اللغة العربية، كما أورد المبرهنة نفسها رنيه ديكارت وبيار دو فرما في القرن السابع عشر الميلادي. لكن مبرهنة ابن قرة كانت استنفادية. أما في حقل حساب الثنائيات من الأعداد المتحابة، فقد قام ابن قرة بحساب ثنائية (٢٢٠ و ٢٨٤). ولم يتم الأنطاكي بحساب أي مزدوجة أخرى. ونجد عند الفارسي وابن البناء والتتوخي وغيرهم من علماء الرياضيات من القرن الثالث عشر الميلادي، المزدوجة (١٧٢٩٦ و ١٨٤١٦)، المنسوبة إلى بيار فرما. ونجد عند اليزدي، فيما بعد، المزدوجة (٩٣٦٣٥٨٤ و ٩٤٣٧٠٥٦) المنسوبة إلى رنيه ديكارت. وقصد كمال الدين الفارسي أن يبين مبرهنة ابن قرة بيانا جبريا. وقد دفعه ذلك إلى بيان أولى الدوال الحسابية، وإلى إعلان المبرهنة الأساسية في علم الحساب، لأول مرة في تاريخ الرياضيات. وطور كمال الدين الفارسي الأدوات التوافقية لذلك، كما طور البحث في الأعداد الشكلية. ومن هنا فقد خاض في صلب النظرية الأساسية للأعداد، كما ظهرت في القرن السابع الميلادي. وقد جمع الفارسي القضايا الضرورية للتفريق بين الدالتين الحسابيتين الأوليين :

(١) مجموع قواسم عدد صحيح؛

(٢) عدد قواسم عدد صحيح.

و على غير ما درس ابن قرة، لم يبلغ كمال الدين الفارسي قضية مكافئة للقضية ١٤/٩ لأقليدس، ولم يبلغ كمال الدين الفارسي قضية ١٤/٩ لأقليدس نفسها. حل كمال الدين الفارسي أدوات التحليل إلى عوامل، وحساب الأجزاء القاسمة تبعا لعدد العوامل الأولية.

من هنا ظهر أسلوب جديد في نظرية الأعداد. ولم يتردد علماء الرياضيات في القرن الثالث عشر الميلادي في الاستعانة بالجبر والتحليل التوافقي على أساس إقليدي. من هنا ظهر أسلوب جديد في نظرية الأعداد الشكلية، عند الفارسي وابن البناء، تمثيلا لا حصرا^(١٠).

من هنا نرى أن تطبيق الحساب على الحساب الإقليدي قد أدى إلى دراسة الدالات الحسابية وإلى الدراسة الجبرية للقواسم الخاصة. وهذا الاتجاه واضح في ما درسه الفارسي من أعداد خيالية ومن تفسير توافقي مماثل لتفسير فرنكل *Frénicle* وبليز بسكال *Pascal* وبرنوي *Bernoulli*.

و أهم ما في "حسنة الجبر" في تاريخ الرياضيات العربية هو التفسير الجبري للنظرية الواردة في الكتاب العاشر من كتاب "الأصول" لأقليدس. وهو الكتاب الذي كان يرى فيه بابوس وابن الهيثم كتابا مقصورا على

الهندسة. بعد ذلك شقت التصورات الهندسية طريقها إلى المقادير العددية والهندسية بوجه عام، واحتلت النظرية محلها بواسطة الجبر في مجال نظرية الأعداد. عمّم الكَرَجِي وأتباعه إذن تحديدات الكتاب العاشر من كتاب "الأصول" لتشمل الكميات الجبرية كلها. بل عمّم الكَرَجِي وأتباعه تلك التحديدات لتشمل مجالات أخرى كثيرة منها : نظرية المعادلات المزدوجة التربيع، التحليل، نظم المعادلات الخطية وقد كان الانقلاب في الجبر الجديد واضحا^(١١).

٢- توسيع مجال الحساب

الحساب، كما هو معروف، هو الأرثماطيقا، وهو المصطلح اليوناني المعرب، ولكنه هجر إلى علم العدد، الذي بقى حتى القرن السادس الهجري، ثم عدل عنه إلى علم الحساب. وتبحث صناعة العدد، كما عبر الكندي، عن الكمية المفردة، كمية الحساب، وجمع بعضه إلى بعض، وفرق بعضه من بعض، وقد يعرض بذلك تضعيف بعضه ببعض، وقسمة بعض على بعض. وتفسير العدد من أعوص موضوعات الفلسفة الرياضية. ونظر القدماء منذ القرن السادس قبل الميلاد إلى الأعداد نظرة مقدسة كما كان حال الفيثاغوريين أصحاب الأعداد. كانت نظرية الفيثاغوريين، وتبعهم في ذلك أفلاطون إلى حد ما، أن العدد أصل الموجودات. ثم أخذت الأعداد بعد قرنين تتخلص من صبغتها الحسية على يد أفلاطون ومدرسته، ومع ذلك ظلت مرتبطة بالحس. ورفض أرسطو قول أفلاطون بأن المثل عدد. وأثار السؤال : كيف يكون العدد الذي يخلو من الهَيُولَى أصلا للموجودات المركبة من الهَيُولَى ؟ حصلت تطورات على يد أفليدس، ولكن هذه التطورات بلغت مرحلة متقدمة من التجريد بعد أن عرف العرب حساب الهند : الصفر والأرقام الحسابية.

و بدءا من النصف الثاني من القرن الثامن الميلادي، كان العرب يعرفون، من خلال الكتابات الهندية التي وصلت إلى بغداد، العد العشري واستعمال الصفر. ونحو عام ٨٣٠ وصف الخوارزمي وصفا منظما الأرقام وقواعد الحساب الهندي في كتاب ترجم إلى اللغة اللاتينية في صيغة *Algoritmi de numero Indorum* الذي أدخل إلى الغرب أولى مبادئ العد اللامقداري أو اللاكمي. وتشق كلمة *Algoritmi* -التي كانت تعني نظام الحساب العشري- من الترجمة اللاتينية لأسم الخوارزمي. وعدد العلماء العرب مناهج الضرب كما اكتشفوا البرهان برقم ٩ والإجراء المعروف تحت اسم *regula duorum falsorum*. وهو إجراء الرياضيين الغربيين في القرن السابع عشر الميلادي^(١٢).

والمقصود من توسيع مجال الحساب، هنا، هو تنسيق دراسة المعادلات التكعيبية وإعداد نظرية المعادلات التكعيبية. ولفهم دلالة هذه المهمة كان على رشدي راشد أن يعود إلى تاريخ نظرية المعادلات التكعيبية، أي أولا، إلى دراسة الخيام (١٠٤٨-١١٢٣) الجبرية. فلم يكن اليونان قد توصلوا إلى نظرية في المعادلات

التكعيبية. وإذا كان أرشميدس (٢١٢ ق.م.) -الذى كان بالنسبة إلى العرب رائداً في الهندسة المساحية والميكانيكية- قد طرح مسألة هندسية تعود إلى معادلة تكعيبية فلا هو ولا شراحه استطاعوا صياغة هذه المسألة صياغة جبرية. تعود هذه المهمة إلى الماهاني كما يعود حلها إلى الخازن (٣٨٧=٩٩٨).

لكن أحداً من هؤلاء جميعاً لم يحاول صياغة النظرية في المعادلات التكعيبية. ولا بد من التفريق بين المسألة الهندسية التي يمكن إرجاعها إلى معادلة تكعيبية وبين ترجمتها جبرية. ولا بد من التفريق بين حل هذه المسألة أو تلك من المسائل وبين إعداد نظرية للمعادلات التكعيبية.

إن نظرية المعادلات التكعيبية تتطلب الجواب على السؤال التالي : ما موقع الخيام في تاريخ الرياضيات؟^(١٣) واجه الرياضيون الأوائل-اليونان مسألتين:

١- تضعيف المكعب ؛

٢- تثليث الزوايا.

و كلتاها مسألة من الدرجة الثالثة. وعرف الرياضيون العرب القضية المساعدة التي استخدمها أرشميدس لكن أرشميدس لم يبرهن عليها في كتابه *في الكرة والاسطوانة*. وبالإمكان رد هذه القضية إلى معادلة تكعيبية من نوع :

$x^3 - cx + a^2 b = 0$ التي كان قد حلها *إيتوسسيوس (Eutocius)*، وفيما بعد حلها الرياضيون العرب مثل ابن الهيثم ، وكانت الوسيلة إلى هذا الحل تقاطع القطع المكافئ $ay = x^2$ مع القطع الزائد $y(c-x) = ab$. ولم يفكر الرياضيون قبل الماهاني في رد هذه المسألة أو تلك كتضعيف المكعب ($x^3 = 2$) إلى عباراتها الجبرية.

كان الاتجاه نحو الترجمة الجبرية للمسائل من الدرجة الثالثة، خلال القرن العاشر اتجاهاً دالاً لسببين:

١- التقدم البين لنظرية المعادلات من الدرجة الثانية؛

٢- مقتضيات علم الفلك.

فالتقدم في نظرية المعادلات التكعيبية قدم للجبريين مثلاً للحلول الجبرية - بالجذور - فأرادوا للمعادلات التي من درجة أعلى احتذاء هذا المثال وخاصة المعادلة التكعيبية. وطرح علم الفلك مسائل متعددة من الدرجة

الثالثة. فقد كان الماهاني نفسه (المتوفى ٤٨٨-٤٧٨؟) عالم فلك. لكن البيروني (٣٧٩-٨٤٠١) صاغ المعادلتين التكعيبيتين بشكل خاص، لكي يحدد أوتار بعض الزوايا ويتمكن من بناء جدول الجيب :

$$x^3 - 3x - 1 = 0 \text{ حيث } x \text{ هو وتر زاوية } ٨٠^\circ$$

$$\text{و } x^3 - 3x + 1 = 0 \text{ حيث } x \text{ هو وتر زاوية } ٢٠^\circ$$

وقد حل هاتين المسألتين بطريق التجريب.

طرحت هذه الترجمات الجبرية لمسائل من الدرجة الثالثة عند الماهاني والبيروني وغيرهما من الرياضيين المعاصرين للبيروني مثل أبي الجود بن الليث مسألة جديدة في ذلك الوقت : هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهي حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريقة الجذور ، هل الحل المنهجي ممكن؟ هذان السؤالان لم يكن بالإمكان التفكير فيهما من دون :

١- تطوير نظرية المعادلات المضاعفة التربيع ؛

٢- الحساب الجبري المجرد أو تجديد الكرجي الأول للجبر.

لم يكن في مقدور الرياضيين اليونان ولا في استطاعة العلماء العرب طرح المسألة- هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهي حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريق الجذور ، هل الحل المنهجي ممكن ؟- قبل تجديد الكرجي. هذه المسألة- هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهي حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريق الجذور ، هل الحل المنهجي ممكن ؟- وسعى الخيام للحل شكّل بداية أخرى للجبر.

قبل الكشف عن الحل بدأ الخيام تصنيف للمعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. لقد شبهت هذه الدراسة أحياناً بنظرية هندسية للمعادلات التكعيبية، فإذا قصدنا بالنظرية الهندسية استعمال الأشكال الهندسية لتعيين الجذور الحقيقية الموجبة لهذه المعادلات، فهذه المقارنة غير صحيحة ، لأن الشكل الهندسي لا يلعب إلا دوراً مساعداً في جبر الخيام وبخاصة في جبر شرف الدين الطوسي (المتوفى حوالي ١٢١٣) الذي جاء بعده. فكر

الرياضيون بالدالة. ودرسوا المنحنيات بمعادلاتها. إذا كانت حلول هذه المعادلات قد تمت بتقاطع منحنيات مخروطية ، بقى برهان تقاطعها جبريًا ، أى بمعادلات المنحنيات.

ففى مؤلفات الخيام والطوسي، نجد الأمثلة التالية :

١- تعود الطريقة المتبعة لحل : $x^3 + ax = b$ إلى حل المعادلتين التاليتين فى آن معًا :

$$\left(x - \frac{1}{2} \frac{b}{a}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{1}{2} \frac{b}{a}\right)^2 \quad (\text{معادلة دائرة})$$

$$x^2 = \sqrt{ay} \quad (\text{معادلة قطع مكافئ})$$

حيث \sqrt{a} هو ضعف وسيط القطع و b/a هو قطر الدائرة. مما يمدنا بالمعادلة : $x(x^3 + ax - b) = 0$.
بحذفنا الحل المبتذل نحصل على المعادلة المطلوبة.

٢- تعود الطريقة المتبعة لحل : $x^2 = ax + b$ إلى حل المعادلتين التاليتين فى آن معًا :

$$x^2 = \sqrt{ay}, \quad (\text{معادلة قطع مكافئ})$$

$$x(b/a + x) = y^2 \quad (\text{معادلة القطع الزائد القائم})$$

حيث a هو ضعف وسيط القطع المكافئ، و b/a هو القطر المستعرض للقطع الزائد. ومن هنا نحصل على: $x(x^3 - ax - b) = 0$. فإذا ما حذفنا الحل المبتذل حصلنا على المعادلة المطلوبة.

٢- تعود الطريقة المتبعة لحل : $x^3 = ax + b$ إلى حل المعادلتين التاليتين فى آن معًا :-

$$x^2 = ay \quad (\text{معادلة قطع مكافئ})$$

$$x(b/a + x) = y^2 \quad (\text{معادلة القطع الزائد القائم})$$

حيث a هو ضعف وسيط القطع المكافئ، و b/a هو القطر المستعرض للقطع الزائد. ومن هنا نحصل على: $a(a^2 - ax - b) = 0$. فإذا ما حذفنا الحل المبتذل حصلنا على المعادلة المطلوبة.

لا يمكن إذن كتابة تاريخ الهندسة الجبرية من دون دراسة ما قدمه هذا التيار للجبر.

والأمر المهم كذلك هو إدراك الطوسي لأهمية المُميز في المناقشة للمعادلات التكعيبية. وهكذا كيما يفترض وجود الجذور الموجبة في المعادلة : $x^3 + a = bx$ حيث $(a, b > 0)$ يلاحظ أولاً أن كل حل (موجب) لهذه المعادلة يجب أن يكون أصغر أو مساوياً لـ $b^{1/2}$ لأنه إذا كان x_0 جذراً ، نحصل على :

$$\text{أى } x \frac{3}{0} + a = bx_0$$

$$\text{أى } x \frac{3}{0} \leq bx_0$$

$$\text{أى } x \frac{2}{0} \leq bx_0$$

كما يجب أن يحقق هذا الجذر ، من ناحية أخرى ، المعادلة : $bx - x^3 = a$ ويبحث الطوسي عن القيمة التي تبلغ بها $y = bx - x^3$ حدها الأقصى . ويجد بعد أن يعدم المشتق الأول أن $x = (b/3)^{1/2}$ ، فيصبح الحد الأقصى إذن :

$$. b (b/3)^{1/2} - (b/3)^{3/2} = 2 (b/3)^{3/2}$$

هناك إذن جذر موجب ، إذا وفقط إذا كان :

$$A \cdot 2 (b/3)^{3/2} - \frac{a^2}{4} \geq 0$$

فإن دور المميز : $D = b^3/27 - a^2/4$ قد أثبت وأعد جبرياً لدراسة المعادلة التكعيبية. لكن لم يدخل دور المميز بعد في الحلول الجذرية. ولمعالجة هذه المسألة طور الرياضيون طريقة لحل المعادلات العددية. وهي الطريقة المنسوبة إلى "طريقة فيات أو طريقة روفيني - هورنر" إلى الآن في تاريخ الرياضيات. كان الخيام قد كشف عن طريقة لحل المعادلات $x^m = q$. والببيروني قبل الخيام اهتم بالمسألة نفسها. لكن لم يبق من دراسة البيروني إلا عنوانها بينما لم يعد من دراسة الخيام إلا خلاصة اتخذت أساساً لها فك $(a+b+c+...k)$ حيث $n \in N$ وفي ضوء دراسة المعادلات للطوسي، تجاوزت تلك الطريقة المعادلات من نوع $x^n = q$ إلى الحالة العامة. طبق الطوسي هذه الطريقة على المعادلات كافة، وبالإمكان عرضها في الشكل التالي :

$$\text{لتكن : } x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x = N$$

$$\text{لنعتبر أن : } f(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x$$

حيث الدالة f قابلة للاشتقاق مرات عدة . وبالإمكان تعرف المجال الذى ينتمى إليه الجذر ، ليكن $x \in [10^r, 10^{r+1}]$ ، إن تكتب على النحو التالى :

$$p_0 10^r + p_1 10^{r-1} + \dots + p_r$$

بحيث إن $r = [m/n]$.

وحيث m هي المرتبة العشرية لـ N و $[m/n]$ هي القسم الصحيح من m/n

- نحدد $x_1 = p_0 10^r$ إمّا بالقسمة أو بالبحث عن العدد الصحيح الأكبر بقوة n^e الموجود فى N .

- نعتبر أن : $N_1 = N - f(x_1)$ و $x = x_1 + x_2$ حيث $N_1 = g(x_2)$ هي متعددة الحدود لـ x_2 ودرجتها $n-1$.
فنحصل على قيم تقريبية لـ x_2 ، x_2 محددة بواسطة:

$$(1) N_1 = n x_1^{n-1} x'_2 + a_1 (n-1) x_1^{n-2} x'_2 + \dots + 2 a_{n-2} x_1 x'_2 + a_{n-1} x'_2$$

ونتعرف هنا على مشتق f عند النقطة x_1 . فنكون :

$$x'_2 = \frac{N_1}{f'(x_1)}$$

ونجرى بعدها إعادات متتالية .

لنفترض أننا قد حددنا قيم : $x_1, x'_2, \dots, x'_{k-1}$

$$x = x_1 + x'_2 + \dots + x'_{k-1} + x_k \text{ حيث } k = 2, \dots, n$$

وتعطى القيمة التقريبية x_k ، حيث :

$$x'_k = N_k / f'(x_{k-1})$$

$$N_k = N - f(x_1 + x'_2 + \dots + x'_{k-1})$$

$$x_{k-1} = x_1 + x'_2 + \dots + x'_{k-1}$$

كقيمة تقريبية لـ x نجد : $x_1 + x'_2 + \dots + x'_n$ حيث القيم x'_i معطاة بواسطة الصيغة (٢) .

مع أن الطوسى لم يطبق هذه الطريقة إلا على المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون ، فتطبيقه يدل على التطبيق العام. وكان الخيام قد عمم مسألة : هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهى حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريقة الجذور ، هل الحل المنهجي ممكن ؟

كانت فصول الجبر المجدد إذن:

١- طريقة حل المعادلات العددية؛

٢- دراسات المنحنيات بواسطة المعادلات؛

٣- حصر دور المميز فى حل المعادلات التكعيبية.

ولا يقاس الإنجاز الذى تم منذ الخوارزمى توسيع علم الجبر وحده، ولكن أيضًا بتغيير منحى المعرفة الجبرية. وإذا ما توطد الجبر كعلم للمعادلات الجبرية التى لا ترتبط بأعداد وبقطع مستقيمة وحدها، بل بمنحنيات فى المستوى، فقد دمج الجبر التقنيات الموروثة. بإمكاننا أن نورد بين هذه التقنيات استعمال التحويلات الأفينية عند إبراهيم بن سنان الذى طبق المتناهى فى الصغر.

بالتحويل الأفينى : $x \rightarrow x+a$ أو $x \rightarrow a-x$ ، حول الطوسى المعادلات المطلوب حلها إلى معادلات يعرف طريقة حلها.

و درس الطوسى أكبر عدد ممكن من العبارات الجبرية، ولكن من دون أن يسمى المشتق الأول للعبارات الجبرية التى يعادلها بالصفر. وبرهن أن جذر المعادلة الصادرة عن معادلة العبارات الجبرية بالصفر، إذا ما عوض فى العبارة الجبرية، بلغت العبارة الجبرية نهايتها العظمى. وبمجرد أن يجد واحدًا من جذور المعادلة التكعيبية، ولكى يعين الجذر الآخر، يدرس معادلة من الدرجة الثانية التى هى عبارة عن حاصل قسمة المعادلة التكعيبية مضروبًا بـ $(x-r)$ حيث r هو الجذر الذى سبق أن حصل عليه. يعرف الطوسى أن متعددة الحدود ax^3+bx^2+cx+d تقبل القسمة على $(x-r)$ إذا كان r هو جذر للمعادلة : $ax^3+bx+cx+d=0$ ، وبعد أن درس الطوسى المعادلة $ax^3+bx+cx+d=0$ ، حاول تعيين الحد الأعلى والحد الأدنى لقيم جذورها الحقيقية. مع ذلك، لم يستخدم الجبريون، المشتق بشكل واضح، فى ذلك الوقت مناقشة المعادلات الجبرية وحل المعادلات العددية. فاستعمال المشتق الأول إذا ما ربط بالبحث عن النهاية العظمى لم يكن جديدًا فى ذلك الوقت. بقى هذا الاستعمال عرضيًا. ولم يصبح تصور المشتق جزءًا من حل المعادلات الجبرية والعددية إلا فى رياضيات الطوسى بخاصة. وأصبح تعميم هذا الاستعمال للمشتق ممكنًا فى ضوء :

١- تعميم محاولة الطوسي إعداد "نظرية المعادلات" ؛

٢- نشاطات علماء الرياضيات تتجه وجهات أخرى.

إن أعمال بنى موسى وابن قره وحفيده إبراهيم بن سنان وابن الهيثم فى تحديدات المتناهيات فى الصغر، مهدت بطريقة غير مباشرة لمساعى الجبريين. إذ برفضهم معالجة العمليات الجبرية بطريقة هندسية كما هو واضح عند بنى موسى ، ومثبت لدى تابعيهم ، وباكتشاف قوانين حسابية جديدة لحساب المساحات والأحجام ، قدم بنى موسى وابن قره وحفيده إبراهيم بن سنان وابن الهيثم وغيرهم ممن لم يكونوا جبريين، للجبريين تقنيات البحث عن النهاية العظمى. وسع التعداد والتصنيف للمسائل من الدرجة الثالثة ، والبحث عن طريقة لحل المعادلات التكعيبية، مجال التطبيق لتقنيات البحث على المتناهيات فى الصغر ، وبالتحديد البحث عن المشتق الأول.

٣- علم اجتماع المعرفة الرياضية

منذ ما يقارب نصف القرن كتب تانيرى (*P.Tannery*) يقول إن الجبر العربى لم يتجاوز مستوى ديوفنطس. وليس من شك فى أن هذا رأى قد أثار السؤال بعامة وليس من شك فى أن هذا رأى قد أثار السؤال بحدته بعد أعمال فرانس ويكه (*Woepcke*) فى تاريخ الرياضيات العربية. وظهرت أيديولوجية تانيرى *P. Tannery* غامضة فى تاريخ زوتين (*Zeuthen*) ونقولا بورباكى (*Bourbaki*).

لكن تانيرى رأى أن الدراسة الاجتماعية للعلم ليست سوى الجواب عن السؤال المسبق : ما الظروف الثقافية التى أدت بالجبر إلى التخلف عن الأقدمين؟ لكن رشى راى أن الدراسة الاجتماعية للعلم ليست سوى الجواب عن السؤال غير المسبق : ما الظروف الثقافية التى أدت بالجبر إلى التجدد عند الأقدمين بل عند الجبريين العرب الأوائل أمثال الخوارزمى وأبى كامل؟

هناك علمان أسهما فى تكوين الجبر الجديد :

١- الحساب فروع الأرصاد الفلكية.

تدخل الحساب فى تحويل الجبر القديم. نقلت عمليات الحساب إلى الجبر. تم استخلاص عمليات الحساب ومنهجتها وتعميم بعض التقنيات على مستوى العبارات الجبرية كخوارزميات أفليدس فى القسمة واستخراج الجذر التربيعى.

٢- دفع الفلك الجبرى إلى استعادة مسألة المعادلات العددية ودرس المنحنيات بواسطة المعادلات.

تقوم، إذن، مسألة التحديدات الاجتماعية للجبر الجديد على صلتها بمختلف فروع علم الفلك والحساب. وكان لدى علماء الحساب الجبريين الذين سبقوا ولادة هذا الجبر هم مزدوج : توسيع الحساب وإعطائه "حقل تمرين". ويعنى رشدى راشد بذلك تطبيق الأداة الرياضية لحل نظرى لمشكلات تطبيقية. من هنا يمكن قياس أهمية الأداة الرياضية بمعزل عن أهمية المثال المختار أو فعالية الحل.

إن التطوير النظرى والتطبيق الحسابى كانا مهمتى الرياضيين فى أبحاثهم الحسابية. إن تكوين وتوسع الخلافة العباسية واجه عدة نظم حسابية ، ومنها اثنان :

١- حساب اليد؛

٢- حساب الهند.

وقد طرحا على الرياضيين مسائل نظرية وعملية فى الوقت نفسه.

وبدعم من دوائر الدولة، حاول الرياضيون توسيع كل من هذين النظامين الحسابيين بمساعدة معارف رياضية أخرى ، والتحقق من صحة قواعد كل منهما ومقارنتهما بشكل ضمنى تقريباً، بما يسمح بتأسيس وتسهيل استعمالها بجعلهما فى كتيب خاص بالموظف وأحياناً كان الرياضى نفسه يؤلف بحثاً خاصاً كالكرجى، تمثيلاً لا حصراً. كما لعبت المؤسسات دوراً ملحوظاً فى دفع الأبحاث الحسابية.

كان عمل البوزجاني يلبى حاجة كتاب الدواوين وأمناء السر والموظفين والولاء ، وأهل الحسبة ، وجباة الضرائب وغيرهم. فهو عمل يتناول ما يحتاج إليه الكامل والمبتدئ والتابع والمتبوع من الحساب وصناعة الكتابة وأعمال الخراج ومسائل الأنواع التى تجرى فى معاملات الدواوين من النسبة والضرب والقسمة والمسايح والطوق والمقاسات والتصريف وغير ذلك مما يتعامل به الناس فى طبقاتهم ويحتاجون إليه فى حياتهم. ويبدو هذا الهم نفسه فى بحث الكرجى الكافى ومؤلفات الحساب الهندى . وأبن اللبان (حوالى ١٠٠٠) كتب ' الأصول' فى جميع الحساب النجومية والمعاملات والعلاقات الاجتماعية. أما تلميذه النسوى (حوالى ١٠٣٠) الذى ألف بحثاً حسابياً لمختلف الأعمال والفلكيين فى فنهم.

وبإمكاننا مضاعفة الأمثلة المستعارة من رياضى أواخر القرن التاسع ، وهى مرحلة الخلافة العباسية حيث نشهد :

(١) تعزيز وتطوير الإنشاءات الإدارية على مستوى الخلافة ككل؛

(٢) مضاعفة النماذج المصغرة عن هذه الإنشاءات في المقاطعات على أثر ضعف سلطة الخلفاء؛

(٣) ظهور فئة اجتماعية هي فئة "الكتاب" أو الموظفين المرتبطة بمضاعفة الإنشاءات أى "الدواوين" ونماذجها المصغرة.

فهذه الفئة الاجتماعية وإعداد أفرادها هو الذى دفع إلى حد ما إلى كتابة الأبحاث ، ليس فى الحساب وحسب ، لكن فى الجغرافية الاقتصادية أيضاً كالكتاب الشهير لقدامة بن جعفر عن الضرائب العقارية ومعاجم اللغة الفلسفية والاقتصادية والعلمية فى تلك المرحلة ، ككتاب الخوارزمى عن "مفاتيح العلوم". إنها طبقة بيروقراطية ضرورية للنظام يسيطر عليه جيش من الكتبة المتخصصين الذين يستمرون وإن تغير الخلفاء والوزراء. (وراقة) أى نظام فيه يكتب كل ما يمكن كتابته. كانت دواوين المال ودواوين الجيش ودواوين الاستخبارات العامة ودواوين المراسلات (القنصليات) ، وغيرها من الدواوين الأخرى ، بحاجة إلى الحساب المالي. ويقوم ما اصطلح على تسميته "حقل التمرين" فى الحساب على هذه المسائل المطروحة على موظفى الدواوين.

من هنا فقد درس الفصلان الرابع والخامس من كتاب أبو الوفا المسائل المالية، فى حين أن الفصل السادس اختص بمسائل تنظيم الثروات ومدفوعات الجنود ومعاشاتهم والضمانات والأرصدة وإجازات المرور ، عقدها ونقضها ، بالنسبة إلى السفن التجارية التى تسافر عبر الأنهر ، وإلى التجار المسافرين وتصريحات المراسلات وسعاة البريد. ولكى يبين أهمية الحساب الهندي، قال الاقليدسى إن أكثر الحساب مضطرون إلى العمل بالحساب الهندي، لما فيه من الخفة والسرعة وقلة الحفظ وحصر الزمان فيما يحاول من الجواب وقلة شغل القلب بما يعانيه مضطراً بين يديه. إنه علم وعمل يحتاج إلى آلة كما يحتاج الكاتب والصانع والفارس إلى ما يعمل به.

من هنا عاد الرياضى إلى الحساب الهندي أو حساب اليد. وأظهرت هذه العودة شمولية مفهوم العملية الحسابية ، وطبيعته المجردة. وأصبحت العمليات منذ ذلك الحين وسائل لتنظيم العرض الحسابي. وأدى تعدد أنواع الحساب إلى نسبية أنظمة الترقيم ليبين بالتالى اختيار الأساس والعمليات التى ينبغى تطبيقها. ما إن يتم اختيار الأساس ، حتى نقدر استبدال أرقام الحساب الهندي بأى نظام آخر من العلامات ، وضمن هذه الشروط لا ترتبط العمليات بأية كتابة خاصة لنظام الترقيم.

وميز الكرجى بين نوعين من المعطيات :

١- المقادير النسبية والصمّاء؛

٢- عمليات الضرب والقسمة والرفع إلى قوة والجمع والطرح.

لكن هذه العمليات هي التي أسست لتنظيم العرض في بداية الحساب الهندي، وإذا ما لعبت دوراً في حساب اليد فبطريقة منهجية ، ولكن أقل منها اكتمالاً. وهكذا فشروح الاقليدسي وابن اللبان والنسوى هي عن عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج الجذر ، بينما حساب اليد لا يحتوى سوى على الضرب والقسمة، وأحياناً استخراج الجذر، مع افتراض معرفة قانوني التشكيل +، - .

بهذه الطريقة توسع الحساب الجبري، إذ تمكنه من أن يعمم في الجبر نتائج هذه العمليات على الحساب. ويعود إلى الكرجي وأتباعه ، الشهرزوري والسموأل الفضل في ذلك التعميم.

رابعاً : الاستقراء الرياضي-عمل الكرجي والسموأل

١- إعادة كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي

أعاد الدارسون كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي عدة مرات منذ عام ١٩٠٩. بدأت حركة الشك في ثلاث صفحات من "نشرة الجمعية الرياضية الأمريكية"، شكك فيها ج. فاكا (*G. Vacca*) في تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات موروليكو (*Maurolico*) لا علماء القرن السابع عشر الميلادي.

من هنا طرحت مقالة ج. فاكا من جديد مسألتين :

١-مسألة تاريخ "مبدأ" الاستقراء الرياضي؛

٢- مسألة "طريقة كتابة" تاريخ مبدأ الاستقراء الرياضي.

و بعد فحص مفصل لعمل موروليكو، بين فريدونتال (*M.Freudenthal*) أن هنالك ثلاثة مواضع كحد أقصى بإمكاننا التعرف من خلالها على شكل مضطرب من الاستقراء الرياضي، بينما صاغ بليز باسكال مبدأ الاستقراء الرياضي، للمرة الأولى بشكل مجرد. ومع أن فريدونتال يرد الاعتبار إلى بليز بسكال ، فالأطروحة تحتل التأويل. فموروليكو يعرف شكلاً قديماً من الاستقراء الرياضي، وباسكال كغيره عمل من هذا الشكل قبل أن يتجاوزه.

منذ دراسة فريدونتال ، استعاد المؤرخون هذه القضية ،

(١) م. هارا (*M.Hara*) وهو من أتباع بليز بسكال. فنتاسي تحفظات فريدونتال جاعلاً من باسكال بداية مطلقة للإستقراء الرياضي في التاريخ؛

(٢) م. رابينوفيتش (*M. Rabinovitch*) الذي يرجع بطريقة دقيقة الإستقراء إلى ليفي بن جرسون (*Levi Ben Gerson*) ويبين أن ليفي بن جرسون هو "أول" من استخدم منهجياً الاستقراء الرياضي.

من جهته، عرض رشدي راشد لعناصر لم تنشر من قبل. وبين رشدي راشد أن هناك محاولات سبقت موروليكو وليفي بن جرسون، وهي محاولات :

١- الكرجي؛

٢- السموأل .

أعاد رشدي راشد كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي بطريقته. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات الكرجي والسموأل، لا علماء القرن السابع عشر الميلادي. وبالتالي فهو الامتداد المتطور لأعاد المؤرخين الغربيين كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي منذ مطلع القرن العشرين. كشف م. إيتار (*M. Itard*) عن الاستقراء الرياضي عند إقليدس بينما فريدونتال يرد هذه المحاولات إلى ما قبل تاريخ المفهوم. شكك رشدي راشد في تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. لماذا لجأ الكرجي والسموأل إلى طرق جديدة في البرهان ؟

٢- نشأة صيغة ثنائية الحد وجدول معاملاتها

كشف رشدي راشد للمرة الأولى في تاريخ الرياضيات عن صيغة ثنائية الحد وجدول معاملاتها. وقد لاحظ رشدي راشد نموذجاً من البرهان الذي سمي فيما بعد باسم R_I والذي أورد رشدي راشد مراحل المتتالية.

يبدأ السموأل في كتابه الباهر ببرهنة بعض القضايا المتعلقة بالتبادلية والتجميعية لعملية الضرب وتوزيعه الضرب على الجمع .

$$[(ab)(cd) = (ac)(db)] \leftrightarrow$$

مقدمة : مهما كانت الأعداد الثلاثة المعطاة : a, b, c ، فإن $(ab)c = (ac)b$. يذكر السموأل في كتابه "الباهر" بتوزيع الضرب على الجمع .

قضية ٢ : " إن حاصل ضرب العدد AB , $AB=AC+CB$ كما بين ذلك إقليدس في الكتاب الثاني الشكل (١)، يقول السموأل) بأى عدد يساوى حاصل ضرب AC بذلك العدد زيادة على حاصل ضرب AC بذلك العدد زيادة على حاصل ضرب CB بذلك العدد نفسه ."

$$[(a+b) \lambda = (a) \lambda + (b) \lambda] \text{ : وهذا يكافئ :}$$

بواسطة هذه القضية وغيرها من قضايا الجمع والضرب يتولى السموأل برهان العبارتين التاليتين :

$$1) (a+b)^n = \sum_{m=0}^n c \ a^{n-m} b^m, n \in \mathbb{N}$$

$$2) (ab)^n = a^n b^n, n \in \mathbb{N}$$

كى يبرهن المتطابقة الأولى يفترض السموأل معرفة القارئ بمفكوك $(a+b)^2$ المعطى في كتاب البديع الكرجى والمذكور من المؤلف في فصل سابق ، ثم يتولى برهان المتطابقة في حال $n=3$. ويحتوى برهانه على المرحلتين التاليتين :

$$1.1 \ (a+b)^2 (a+b) = (a^2+2ab+b^2)(a+b) = (a+b)^3$$

مستخدمًا هنا مفكوك $(a+b)^2$

$$1.2. \ (a+b)^3 = a^2(a+b) + (2ab) (a+b) + b^2(a+b)$$

مستخدمًا القضية (٢) :

$$1.3. = a^3 + a^2b + 2a^2b + 2ab^2 + b^2a + b^3 .$$

مستخدمًا القضيتين (١) و (٢) :

$$1.4. = a^3 + b^3 + 3a^2b + 3ab^2$$

مستخدمًا جميع الحدود المتشابهة :

(٢) وبالطريقة نفسها يبرهن المتطابقة في حال $n=4$ مستخدمًا مفكوك $(a+b)^3$

(٣) وهو لم يقم البرهان في حال $n=5$.

٤) ويصوغ جدول معاملات ذات الحدين كما ورد فى كتاب الكرجى كوسيلة لتحديد "العدد بمفكوك المربعات والمكعبات لغاية الحد المطلوب". ويظهر جدول المعاملات فى الصورة التالية :

$N=1$	$N=2$	...	$n-1=11$	$N=12$
1	1		1	1
1	2		C_{n-1}^1	C_n^1
	1		C_{n-1}^2	C_n^2
			\vdots	\vdots
			C_{n-1}^{m-1}	C_n^m
			C_{n-1}^m	\vdots
			\vdots	C_n^{n-1}
			1	1

ومن جهة أخرى فإن حساب C_n^m يفترض معامل ذات الحدين من رتبة $(n-1)$ ، إذ إن قاعدة إنشائها المعطاة عند الكرجى تكافئ: $C_n^m - C_{n-1}^{m-1} + C_{n-1}^m$

المتطابقة الثانية $(ab)^n=a^nb^n$ مبرهنة بالطريقة نفسها . يعتبر السؤال فى "مقالات أفليدس العددية" معرفة البرهان فى حالة $n=2$. والقضية (١) تجعل ، على كل حال ، برهان العبارة (٢) بديهياً : $(ab)(ab)=(ab)^2 = a^2b^2$. وكونه يذكر المتطابقة بعد القضية (١) فالبرهان قد أقيم - لزمرة تبادلية بالنسبة إلى الضرب a وب تتبادلان) فهو يذكر أنه إذا كان $n=3$ فحاصل ضرب عددين مكعبين يعادل مكعب حاصل ضرب ضلعيهما.

بمعنى آخر كى يبرهن أن $a^3b^3 = (ab)^3$ يبدأ من $a^2b^2 = (ab)^2$ بضرب الطرفين بـ (ab) فيحصل على : $(ab)(a^2b^2) = (ab)(ab)^2 = (ab)^3$

لكن القضية (١) تعطى : $(ab) (a^2b^2) = (aa^2) (bb^2) = a^3b^3$

ثم يبرهن القضية فى حال $n = 4$.

لا يكشف رشدى راشد: عند الكرجى والسموأل هذه الأنواع من البراهين والتي أسماها R_I ، لكن رشدى راشد يكشف عن أنواع من التعاريف على النسق نفسه. يذكر رشدى راشد تعريف الأساس الجبرية الوارد فى كتابى الفخرى والبديع للكرجى التى أعاد دراستها سموأل فى الباهر، تمثيلا لا حصرا. لقد عرض الجدول التالى :

$$\begin{aligned} a &= a^1 \\ a^2 &= a \cdot a \\ a^3 &= a^2 \cdot a \\ a^4 &= a^3 \cdot a = a^2 \cdot a^2 \\ a^5 &= a^4 \cdot a = a^3 \cdot a^2 \\ a^6 &= a^5 \cdot a = a^4 \cdot a^2 = a^3 \cdot a^3 \\ a^7 &= a^6 \cdot a = a^5 \cdot a^2 = a^4 \cdot a^3 \\ a^8 &= a^7 \cdot a = a^6 \cdot a^2 = a^5 \cdot a^3 = a^4 \cdot a^4 \\ a^9 &= a^8 \cdot a = a^7 \cdot a^2 = a^6 \cdot a^3 = a^5 \cdot a^4 \end{aligned}$$

"وتزداد هذه القوى بالنسبة ذاتها حتى اللانهاية" أى ، x^n معرفة بـ :

$$x^n = x^{n-1} \cdot x \text{ لـ } n \in \mathbb{N}$$

٣- الفرق بين الاستقراء الرياضى والاستدلالات الأخرى

فرق فرويدونتال بين إستدلالتين، من جهة، والاستقراء الرياضى، من جهة أخرى :

١- الاستقراء "شبه العام" ؛

٢- استقراء "الارتداد" .

و يقصد فرويدونتال بالاستقراء "شبه العام" ذلك البرهان الذى يمكن الوصول به إلى أى عدد n . ومع أن فرويدونتال يسعى إلى خاصية صحيحة لأى عدد n ، فهو يجرى عملياته على أعداد خاصة. ومع أن هذا الاستدلال تطبق لمبدأ الاستقراء الرياضى فليس بالإمكان أن ننسب إلى أولئك الذين يستعملونه إعترافاً صريحاً بهذا المبدأ .

كمثل على هذا البرهان يعطى فرويدنتال التقرير V لموروليكو. وكى يبرهن هذا الأخير أن :

$$2 \sum_{k=1}^n k = n(n+1) \text{ ويكتب فى حال } n=4 \text{ فقط :}$$

$$2 \sum_{k=1}^m k = n(n+1) \text{ حيث يحصل على : } \sum_{k=1}^n k = n + (n-1) + \dots + 1 \text{ و } \sum_{k=1}^n k = 1 + 2 + \dots + n$$

ويكشف فرويدنتال، هنا، عن برهان شبه عام يكاد أن يكون صحيحاً ، فلا نحتاج إلا أن نبذل ٤ بـ n حتى نعمم البرهان.

و يستخلص رشدی راشد أمرین :

(١) إعادة البرهان شبه العام لكل قيمة من قيم المتغير؛

(٢) امتلاك طريقة مستقلة عن قيم المتغير الخاصة، أى طريقة تؤسس للبرهان المماثل على أى عدد n كما هو الحال بالنسبة إلى العدد ٤ تمثيلاً لا حصراً. ليس بالإمكان الخلط بين الاستقراء المؤلف والاستقراء الرياضي.

أما استدلال الارتداد، فهو يدل على استقراء رياضى بدائي، إذ اشتق، بطريقة شكلية من الاستقراء الرياضي، فهو مع ذلك ليس استقراء رياضياً. إنه استقراء رياضى يعود فى كل مرة للعدد السابق. إنه تكرر للاستقراء الرياضى لقيمة المتغير إلى أن نصل إلى القيمة الأكثر صغراً التى مازالت تتحقق فيها الخاصية. يجرى الارتداد غالباً بطريقة شبه عامة مما يؤسس لعدم إعادة البرهان للقيم الأخرى للمتغير عدا تلك المختارة أصلاً. هذا الشكل هو الأقرب إلى الاستقراء الرياضى من أى شكل آخر أو هو استقراء تام ، من دون بنية الاستقراء التام الصورية.

قبل بليز باسكال -هذه هى أطروحة فرويدنتال- لم يكن هناك استقراء رياضى بالمعنى الصحيح لكن كان هنالك البرهان شبه العام واستدلال الارتداد، وإذا كان موروليكو قد عرف الاستقراء الرياضى فالأرجح أنه عرفه فى شكل قديم من الارتداد.

قبل بليز باسكال والقرن السابع عشر الميلادى بعامة -هذه هى أطروحة رشدی راشد- كان هناك استقراء رياضى بالمعنى الدقيق. كان هنالك البرهان شبه العام واستدلال الارتداد، وإذا كان الكرجى والسموأل قد عرفا الاستقراء الرياضى فالأرجح أنهما عرفا أشكالاً أخرى من الاستدلال. أراد رشدی راشد أن يبين أن الاستدلال "شبه العام" و"استدلال الارتداد" لم يستنفدا طرق الاستدلال قبل بليز بسكال. لإيضاح هذه الأطروحة عاد رشدی راشد إلى بعض أمثلة الكرجى والسموأل.

$$\text{برهن أن : } \sum_{i=1}^n i^2 = \sum_{i=1}^n i + \sum_{i=1}^n i(i-1)$$

بيان البرهان (١٤):

$$\begin{aligned} n^2 &= n [(n-1) + (n-(n-1))] \\ &= n [(n-1)+1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= n(n-1) + n \\
(n-1)^2 &= (n-1) [(n-2) + (n-1) - (n-2)] \\
&= (n-1) [(n-2) + 1] = (n-1)(n-2) + \\
& \qquad \qquad \qquad (n-1) \\
l^2 &= l.l
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^n i^2 &= n^2 + (n-1)^2 + \cdots + 1^2 \\
&= [n(n-1) + n-1](n-2) + \cdots + 2.1] + [n + (n-1)\cdots + 1]
\end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n i(i-1) + \sum_{i=1}^n i.$$

هذا البيان يحدد $n=4$.

$$\begin{aligned}
\overline{DE}^2 &= DE[\overline{CD} + (\overline{DE} - \overline{CD})] = \overline{DE}(\overline{CD} + 1) = \overline{DE.CD} + \overline{DE} \\
\overline{CD}^2 &= \overline{CD}[\overline{BC} + (\overline{CD} - \overline{BC})] = \overline{CD}(\overline{BC} + 1) = \overline{CD.BC} + \overline{CD} \\
\overline{BC}^2 &= \overline{BC}[\overline{AB} + (\overline{BC} - \overline{AB})] = \overline{BC}(\overline{AB} + 1) = \overline{BC.AB} + \overline{BC} \\
\overline{AB}^2 &= 1 = \overline{AB} \\
\overline{AB}^2 + \overline{BC}^2 + \overline{CD}^2 + \overline{DE}^2 &= (\overline{BC.AB} + \overline{CD.BC} + \overline{DE.CD}) \\
&+ \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DE}
\end{aligned}$$

وهذا ما كان المطلوب البرهان عليه.

$$-٢ \text{ برهن أن : } (\sum_{i=1}^n i)^2 = \sum_{i=1}^n i^3$$

كى يبرهن هذه القضية يلجأ السموأل إلى برهنة المقدمة التالية :

مقدمة : وإن "كل عدد فإن مكعبة مساو لمربعه ولضرب ذلك العدد فى مجموع الأعداد المبتدئة من الواحد إلى العدد الذى قبله مرتين". $[n^3 = n^2 + 2n\sum_{i=1}^{n-1} i]$

$$\sum_{i=1}^{n-1} i = \frac{n(n-1)}{2} \leftrightarrow 2 \sum_{i=1}^{n-1} i = n(n-1) \quad \text{بيان البرهان :}$$

$$\leftrightarrow 2n \sum_{i=1}^{n-1} i = n^2(n-1) \leftrightarrow n^3 = n^2 + 2n \sum_{i=1}^{n-1} i$$

$$2\overline{AD} = \overline{CD}.\overline{DE} \quad \text{إذن} \quad \overline{AD} = \frac{\overline{CD}.\overline{DE}}{2} \quad \text{البرهان :}$$

$$2\overline{AD}.\overline{DE} = \overline{CD}.\overline{DE}^2 \quad \text{بعد ضرب الطرفين بالعدد } DE \text{ نحصل على :}$$

$$\overline{CD}.\overline{DE}^2 = \overline{DE}^2(\overline{DE} - 1) = \overline{DE}^3 - \overline{DE}^2 \quad \text{ولكن :}$$

$$\text{إذن :} \quad \overline{DE}^3 = \overline{DE}^2 + 2\overline{AD}.\overline{DE} \quad \text{هذا ما أراد برهانه .}$$

وعندها يقدر السموأل أن يبرهن القضية .

بيان البرهان :

$$\left(\sum_{i=1}^n i\right)^2 = \left(\sum_{i=1}^{n-1} i\right)^2 + n^2 + 2n\left(\sum_{i=1}^{n-1} i\right)$$

$$= n^3 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} i\right)^2 \quad \text{(مقدمة)}$$

$$= n^3 + \left(\sum_{i=1}^{n-2} i\right)^2 + (n-1)^2 + 2(n-1)\left(\sum_{i=1}^{n-2} i\right)$$

$$= n^3 + (n-1)^3 + \left(\sum_{i=1}^{n-2} i\right)^2 \quad \text{(مقدمة)}$$

$$= \dots$$

$$= n^3 + (n-1)^2 + \dots + 1^3 = \sum_{i=1}^n i^3$$

$$\overline{AE}^2 = \overline{AD}^2 + \overline{DE}^2 + \overline{DE}.\overline{AD} \quad \text{البرهان :}$$

$$\begin{aligned}
& \text{بتطبيق الرسم السابق : } \overline{DE^3} + \overline{AD^2} \\
& = \overline{DE^3} + \overline{AC^2} + \overline{CD^2} + 2\overline{AC.CD} \\
& = \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{AC^2} \\
& = \overline{AB^3} = 1 \quad \text{ولكن :} \\
& = \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{AB^2} + \overline{BC^2} + 2\overline{BC.AB} \\
& = \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{BC^3} + \overline{AB^2} \\
& \text{إذن : } \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{BC^3} + \overline{AB^3}
\end{aligned}$$

فى المثلين السابقين ، كشف رشدى راشد عن نوعين من الاستدلال :

١- - R_2 - موضح ببرهان المقدمة فى المثال الثانى ؛

٢- - R_2 - فى برهان القضيتين .

فمع R_2 اقتصر السموأل على $n=4$.

لكن :

١- نص القضية عام ؛

٢- لا يتردد السموأل فى تقديم المقدمة نفسها من دون برهنتها من جديد فى حال $n=2, 3$.

يبقى البرهان هو نفسه لأى عدد كما للعدد ٤ . وكذلك يكتب البرهان نفسه بالنسبة إلى أى عدد n . يمكن إذن اعتبار R_2 كبرهان شبه عام وك تطبيق للاستقراء التام من دون أن يكون هناك تصريح مسبق بمبدأ الاستقراء التام. أما R_3 فهو مختلف. فالمقصود صراحة تثبيت طريقة الانتقال من n إلى $(n+1)$ سواء ببرهان المقدمة أو مباشرة لإجراء الإنقاص المتتالى أو الارتداد. صحيح أن R_2 و R_3 قد استعملتا معاً، ففي المثال الأول يتدخل R_2 على مستوى كل مساواة وفى المثال الثانى يتدخل R_3 على مستوى صيغة ذات الحدين. وبالإمكان التعرف مع R_3 إلى شكل قديم من البرهان التكرارى. R_2 هو تقنية متقنة ولم يستعمل فى بعض المرات كما عند موروليكو. ولكى يبين رشدى راشد بأى إتقان طبق الاستدلال الارتدادى أمكنه اعتماد برهان السموأل :

$$\sum_{i=1}^n i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

و قد برهن الكرجى على هذه الصيغة. لكن الكرجى صاغ صيغة مكافئة لـ :

$$\sum_{i=1}^n i^2 = (\sum_{i=1}^n i) \left(\frac{3}{2}n + \frac{1}{3} \right)$$

و لقد برهن ابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، من قبل، على هذه الصيغة ، وعاد السموأل إلى البرهان الجبرى عليها، أولا :

$$(2n+1) \sum_{i=1}^n i = 3 \sum_{i=1}^n i^2$$

و منها استخلص قيمة : $\sum_{i=1}^n i^2$ برهن، أولاً، المقدمات التالية :

$$\text{مقدمة ١ : } (n+2) \sum_{i=1}^n i = n \sum_{i=1}^{n+1} i$$

إن برهان هذه المقدمة هو من النوع شبه العام وبيانه هو :

$$(n+2) \sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2} (n+2) = n \left[\frac{n(n+1)}{2} + (n+1) \right] = n \sum_{i=1}^{n+1} i$$

مقدمة ٢ : $n(n+1) + (n+1)(n+2) = 2(n+1)^2$ لأي $n \in \mathbb{N}$

بيان البرهان :

$$n(n+1) = (n+1)^2 - (n+1)$$

$$(n+1)(n+2) = (n+1)^2 + (n+1)$$

نستنتج أن : $(n+1)[n + (n+1) + (n+2)] = 3(n+1)^2$ لأي $n \in \mathbb{N}$

$$\text{مقدمة ٣ : } n \sum_{i=1}^{n+1} i = n \sum_{i=1}^{n-2} i + 3n^2$$

يستعمل المقدمة السابقة.

بيان البرهان :

$$(2n+1)\sum_{i=1}^n i = n\sum_{i=1}^{n+1} i + (n+1)\sum_{i=1}^{n-1} i .$$

$$(n+1)\sum_{i=1}^{n-1} i = (n-1)\sum_{i=1}^n i : \text{ من المقدمة الأولى نستنتج : }$$

$$= (n-1)\sum_{i=1}^{n-3} i + 3(n-1)^2$$

بـ المقدمة (٣)

$$n\sum_{i=1}^{n+1} i = n\sum_{i=1}^{n-2} i + 3n^2 \text{ ولدينا أيضًا :}$$

$$(2n+1)\sum_{i=1}^n i = 3n^2 + 3(n-1)^2 + n\sum_{i=1}^{n-2} i + (n-1)\sum_{i=1}^{n-3} i : \therefore$$

$$= 3n^2 + 3(n-1)^2 + 3(n-2)^2 + 3(n-3)^2 + (n-2)\sum_{i=1}^{n-4} i + (n-3)\sum_{i=1}^{n-5} i$$

وبتطبيق المقدمات:

$$= \dots = 3n^2 + 3(n-1)^2 + \dots + 3 = 2^2 + 3 = 3\sum_{i=1}^n i^2$$

وبتعبير السموال :

$$\overline{AG.FH} = \overline{AH.FG} + \overline{AF.GH}$$

كما بينت ذلك القضية (١٢) . ولكن :

$$\overline{AF.GH} = \overline{AG.EF} = \overline{AD.EF} + \overline{EF^2} \overline{AH.FG} = \overline{AE.FG} + 3\overline{FG^2}$$

$$\overline{AG.FH} = \overline{AE.FG} + 3\overline{FG^2} + \overline{AD.EF} + 3\overline{EF^2} : \therefore$$

$$\overline{AE.FG} = \overline{AF.ED} = \overline{AC.DE} + 3\overline{DE^2} \text{ لكن :}$$

$$\overline{AD.EF} = \overline{AE.CD} = \overline{AB.CD} + 3\overline{CD^2} \text{ و :}$$

$$\overline{AG.FH} = \overline{AC.DE} + 3\overline{DE^2} + 3\overline{FG^2} + \overline{AB.CD} + 3\overline{CD^2} + 3\overline{EF^2} \quad : \therefore$$

$$\overline{AC.DE} = \overline{AD.BC} = 3\overline{BC^2} \quad \text{لكن :}$$

$$\overline{AB.CD} = \overline{AC.AB} = 3\overline{AB^2} = 3\overline{AB^2} = 3\overline{AB} = 1 \quad : \therefore$$

$$\overline{AB} = 1 \quad : \therefore$$

$$\overline{AG.FH} = 3\overline{FG^2} + 3\overline{EF^2} + 3\overline{DE^2} + 3\overline{CD^2} + 3\overline{BC^2} + 3\overline{AB^2} \quad : \therefore$$

وهذا ما أراد رشدی راشد البرهان عليه.

فی ضوء عمل مورولیکو، لا یجد فرویدنتال، سوى نوعین من الاستدلال - R_2 و R_3 - قبل بلیز بسکال. لكن فی ضوء عمل الکرجی والسموأل، یختلف تقویم رشدی راشد لبلیز بسکال. الاستدلال الأول المدروس فی أثناء فک ذات الحدين - R_1 - لا یخلط بینہ وبين R_2 و R_3 . فمع R_1 أمکن رشدی راشد أن یرى کتابة نظام الانتقال من n إلى $n+1$ بالطريقة نفسها ومهما کان العدد الذی انطلقنا منه. والفكرة هی التالية : من واقع أن إجراء الانتقال من n إلى $n+1$ وحتى لو وضحنا الانتقال بعدد خاص من n ، هو صحیح، فهو صحیح إذن بالنسبة إلى أى عدد، فإن وسیلة الانتقال هی نفسها مهما کان العدد. هذا الاستدلال، من دون صياغته فی صورة قاعدة أو فی شکل نظري، یختلف عن R_2 و R_3 بل یبدو وكأنه ینطوی علی بداهة الاستقراء الرياضي.

٤- الاستقراء الرياضي عند الکرجی والسموأل

بعد دراسة فرویدنتال، کتب فريق نقولا بورباکی فی مطلع عقد الستينيات من القرن العشرين یقول إن مبدأ الاستقراء الرياضي کان قد استخدمه ف. مورولیکو للمرة الأولى فی القرن السادس عشر الميلادي. ولم یتردد رابينوفيتش فی وصف استدلال ليفی بن جرسون بأنه استدلال استقرائي رياضي. من جهة أخرى، احتفظ آخرون - مع بعض الفروق کفرویدنتال وبلا تحفظ مثل م. هارا (*M.Hara*) بفضل بلیز بسکال وحده فی تطبيق مبدأ الاستقراء الرياضي^(١٥).

و القاسم المشترك بین هذه المواقف جميعها هو أنها تحول دون فهم أسباب ظهور أشكال الاستدلال الرياضي الجديدة. إن رفض وصف المحاولات المختلفة بأنها استقرائية رياضياً والاحتفاظ بهذا الوصف لبلیز باسکال هو منع لفهم هذه الأشكال الجديدة من الاستدلال التي ظهرت فی ضوء تجديد الجبر فی القرن الحادی عشر الميلادي.

إذا كان الاستقراء الرياضي كما بعد بيانو (Peano) هو ذلك الاستدلال المبني على الإثبات أو أى مكافئ له ، مثل : إذا كانت P خاصية معرفة على N وإذا كانت $[p(n) \rightarrow p(n+1)]$ فإن P هي صحيحة أيًا يكن n ينتمي إلى N فمن الصعب، في هذه الحال، اعتبار المحاولات السابقة لبليز بسكال محاولات استقرائية رياضية. فإن أية محاولة لا تنص على حجة الاستقراء $p(n) \rightarrow p(n+1)$ - لأى عدد n ، بشكل صريح ، تستبعد من الاستقراء الرياضي. ترتبط هذه الصرامة بنظام المسلمات التام - المعروف كنظام بيانو - الذى يحتوى على مبدأ الاستقراء الرياضي، وبالتالي فكل صياغة سابقة على صياغة بيانو هي بالضرورة صياغة ناقصة.

كان على رشدى راشد أن يعود إلى صياغة بليز بسكال : إذا وجد مثلث حسابى يحتوى على هذه القضية، فإن المثلث التالى يمتلك الخاصية نفسها. من هنا فلكافة المثلثات الحسابية، المساواة نفسها، لأن المساواة توجد فى المثلث الأول حسب المقدمة الأولى (برهان أن فى المثلث الأول ، مجموع أجزاء صف مواز يساوى كافة توفيقات اس الصف فى اس المثلث). وهذه المساواة بديهية فى المثلث الثانى ، إذن وحسب المقدمة الثانية، فللمثلث التالى المساواة نفسها وننتقل إلى المثلث التالى وهكذا إلى ما لا نهاية.

و يرى رشدى راشد أن صياغة بليز بسكال أكثر تجريداً وأنصح من أية صياغة معروفة قبله. فقبل باسكال (١٦٢٤) بثلاثين سنة لم يتمكن باشيه (Bachet) من أن يصوغ هذا الاستدلال صياغة ناضجة تماماً. مع ذلك تبقى عناصر مشتركة بين صياغة بليز بسكال والصياغات السابقة عليه. ظهرت هذه العناصر بوضوح فى استخدام باسكال لمبدئه. حدد رشدى راشد قوة صياغة بليز بسكال وحدودها:

١- طبق بليز بسكال كأسلافه مبدأ الاستقراء الرياضى على الطرق التوافقية. ولقد رأى رشدى راشد أن الكرجى والسموال يستعملان R_1 كطريقة برهان فى هذا المجال ، إذ شكلت أرضية نموذجية لتوضيح تطبيق مبدأ الاستقراء الرياضي. قبل بليز بسكال طبق ليفى بن جرسون وفرينكل (Frenicle)(١٦٠٥، ١٦٧٥) ، شكلاً أبسط لكنه مكافئ لـ R_1 فى مجال التباديل.

٢- عرض بليز بسكال كما أسلافه استنتاج البرهان وفقاً لحدسه لمجموعة N وهذا يحد من عمومية الصياغة، إذ إن $(\forall n) P(n)$ - حيث n عدد طبيعى - وفق حدس بمقتضاه تكون عناصر $N: 0, 1, 2, 3$ ، وهكذا إلى ما لا نهاية.

٣- طبق بليز بسكال كأسلافه ، إذ مع أن $[p(n) \rightarrow p(n+1)]$ لمطلق عدد وبواسطة المعطى : $P(n)$ صحيح ، يدرس باسكال سوى أعداد خاصة مثل ٣ و ٤ دراسة عملية فى البرهانين الأهم. حيث طبق مبدأ الاستقراء الرياضي.

كى يقيم برهان المبرهنة المكافئة لـ : $C_n^p / C_n^{p+1} = (p+1)(n-p)$

يتحقق كمها إذا كان $n=1$ ، يفترض صحتها إذا كان $n=4$ ويبرهنها إذا كان $n=5$ ويستنتج بصورة : R_1 ، إذ يبرهن لكل الباقي لأن هذا الدليل ليس مبنياً إلا على وجود هذه القضية فى القاعدة السابقة وأن كل خانة تساوى الخانة السابقة مع التالية، وهذا صحيح أينما كان.

و المثل الآخر يكافىء :

$$\varphi(a,b) = \sum_{i=a}^{a+b-1} C'_a + b-1 / \sum_{k=0}^{a+b-1} c a+b-1$$

حيث ؟ (a,b) حاصل ضرب الجمع المنسوب بالرهان للاعب A فى لعبة متعادلة من لاعبين A و B حيث يلزم a دور لـ A و b دور لـ B . هنا يتحقق من البرهنة إذا كان $n=2$ ويفترض صحتها إذا كان $n=4$ ويبرهنها إذا كان $n=5$ ويستنتج بأسلوب مشابه للاستنتاج السابق.

٤- لم ينسب بلير بسكال كما لم ينسب أسلافه أى اسم إلى الاستدلال المستخدم. ويبدو أن غياب الاسم يعنى أن هذا الاستدلال ليس سوى طريقة خاصة، ولم يصبح بعد برهاناً مستقلاً بنفسه غير مرتبط بحقل تطبيقه كى يتطلب نعتاً باسم. ولم يظهر هذا الاسم إلا فى المدرسة الجبرية البريطانية ، ج. باكوك (G. Peacock) ومورجان (Morgan) .

٥- إن تقدير المبدأ كطريقة عامة للبرهان ووضعه فى مكانه الصحيح يقضى بالتدقيق فى كيفية تصويره عند أتباع باسكال. فلو تم فهمه باعتباره طريقة عامة لأدى ذلك إلى إدخال تغييرين :

أ- التفريق بين الاستقراء التام والاستقراء غير التام؛

ب- رفض أى برهان على طريق الاستقراء غير التام.

وحتى القرن الثامن عشر ظل "الاستقراء" يعنى : يُطال معنى هذا التعبير بشكل ملائم بالمثل التالى:

$$(a+b)^m = a^m + ma^{m-1}b + \frac{m(m-1)}{1.2} a^{m-2}b^2 + \frac{m(m-1)(m-2)}{1.2.3} a^{m-3}b^3 +$$

من لا يعرف الطريقة الصحيحة والعامة لبرهنة هذه الصيغة يقدر استنتاجها إذا ما تحقق منها فى حالة $m=1, m=2, m=3$... إلخ . وإقرارها بالاستقراء.

إن الفرق بين الاستقراء التام والاستقراء غير التام عند برنوللي ، تمثيلاً لا حصراً ، سرعان ما يتوارى. في تلك الحقبة كان العلماء لا يزالون بعيدين عن الفهم الحقيقي لضرورة الاستقراء الرياضي. فإن برنوللي (*Jacques Bernoulli*) لم يفرق بل نقض علمية استخدام الاستقراء غير التام. مع ذلك فإن واليس (*Wallis*) ومونمور (*Montmort*) ودوموافر (*Demoivre*) وبرنوللي نفسه قد توسلوا بطريقة أو أخرى في البرهنة بواسطة الاستقراء غير التام. ولم يقطع بليز بسكال مع استدلال R_I ، فإنه لم يتجاوز التطبيق إلى التتظير، مع أنه كان بإمكان هذا المبدأ أن يستبعد نهائياً أى برهان بمجرد الاستقراء (أي، الاستقراء الغير التام).

و لم يقصد رشدى راشد إنكار التجديد في صياغة بليز بسكال بالمقارنة مع الاستعمالات غير المصاغة لـ R_I ، أو حتى الصياغات السابقة عليها ، كصياغة باشيه. هذه الجدة هي التي تؤسس تأسيساً معاصراً لرؤية مبدأ بليز بسكال. ومع نقص الدقة في صياغة مبدأ بليز بسكال، فهو يؤسس لرؤية صور مبدأ الاستقراء الرياضي القديمة. في ضوء صياغة مبدأ بليز بسكال لا بد من إدخال R_I كاستدلال إستقرائي رياضي، ويصبح الاستدلال التراجعي شكلاً قديماً من أشكال الاستقراء الرياضي. في ضوء صياغة مبدأ بليز بسكال لا بد من إدخال طرق البرهان لكل من الكرجى والسموأل - R_I بشكل رئيسي والبرهان التراجعي إلى حد ما - بوصفها بداية الاستقراء الرياضي الحديث.

ب - التحليل العددي

استخراج الجذر الميمى وابتكار الكسور العشرية

في القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى

كان ابتكار الكسور العشرية محصلة واقعتين:

- ما قبل القرن الثانى عشر. وكان الهدف هو تجديد الجبر بالحساب وواسطتها كان توسيع الحساب الجبرى المجرد ؛

- فى ما قبل القرن الثانى عشر، قامت نظرية الكسور العشرية من خلال عودة الجبر المجدد إلى نظرية الأعداد والتحليل العددي. تقدم فصل اقتصر حتى ما قبل القرن الثانى عشر الميلادى على مجرد التجميع للوسائل والوصفات ، أى تقدم فصل اقتصر حتى ما قبل القرن الثانى عشر الميلادى على الطرائق العددية للتقريب^(١٦) .

ب-١- : الصياغة التاريخية المؤلف

لقد كان من المؤلف أن ينظر المؤرخون إلى الديسم (*La disme*) التى كتبها س. ستيفن *S.Stevin* بوصفها عرضاً أولياً للكسور العشرية. ولدى وصول المؤرخين إلى معرفة من سبق س. ستيفن *S.Stevin* من علماء الرياضيات الغربيين، أصابهم بعض الارتباك. لكنهم لم يضعوا أولية الرياضى الفلمنكى س. ستيفن *S. Stevin* موضع التساؤل. كانت معرفة رودولف (*Ch.Rudolff*) وأبيان (*P.Apian*) وغيرهما من الرياضيين بالكسور العشرية جزئية وناقصة. فى حين عرض س. ستيفن *S. Stevin* بوجه خاص لمسألة الكسور العشرية، فقد درس رودولف (*Ch. Rudolff*) وأبيان (*P. Apian*) وغيرهما من الرياضيين الكسور العشرية من خلال مسائلهم الخاصة. ففى عام ١٩٣٦ كشف س. جاندى (*S. Gandz*) وج. سارتون (*G. Sarton*) عن نص لبونفيس (*Bonfils*) (١٣٥٠). وزعزت شروحات س. جاندى *S. Gandz* ذلك التقليد أو ذلك الاعتقاد السائد بأسبقية بونفيس *Bonfils* فى ابتكار الكسور العشرية. ولأن نص لبونفيس *Bonfils* مثل مشروعا غامضا لصياغة نظرية الكسور العشرية، فقد تصاعد القول بأنه لم تقم قبل س. ستيفن *S.Stevin* أية محاولة فى المستوى الذى وصل إليه س. ستيفن *S. Stevin*.

لكن فى عام ١٩٤٨ أثبت ب. لوكى (*P. Luckey*) أن كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ٦٣٤١-٧٣٤١) يتضمن عرضاً للكسور العشرية لا يقل عما قام به س. ستيفن *S. Stevi*. وانحاز المؤرخون درجة إلى رأى ب. لوكى *P.Luckey*، ونسبوا إلى كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ١٤٣٦-١٤٣٧) اكتشاف الكسور العشرية وابتكار الاسم لها، فارتبكت أسبقية س. ستيفن *S. Stevin*. وهناك ثلاث محاولات لتأريخ ذلك الاكتشاف :

- ١- محاولة انتقائية تدمج اسم الكاشى من دون قيد أو شرط فى الجدول التاريخى القديم للكسور العشرية؛
- ٢- المحاولة الثانية تكرر خطأ جاندى وتماتل بين بونفيس والكاشى. وهكذا ذهب سترويك (*J. Struik*).

من هنا استخلص رشدي راشد شروط الاكتشاف.

ب-٢- : الطرق العددية ومسائل التقريب

إن الضبط المتزامن للتصورات والتقنيات الجبرية الذي سبق أن أجراها رشدي راشد أسست لتعيين تجدد معين للجبر في القرن الحادي عشر الميلادي. هذا التجدد الذي تطوع له الكرجي (في نهاية القرن العاشر الميلادي وبداية القرن الحادي عشر الميلادي) وتابعه أتباعه، بعامه، والسموأل (المتوفى في ١١٧٤) بخاصة، كان يهدف إلى "إجراء عمليات على المجهولات كتلك التي يحريها الحسابي على المعلومات".

كان المقصود هو تطبيق الحساب على جبر الخوارزمي وأتباعه. هذه الحسنة للجبر كما بينها رشدي راشد كانت تتخذ من توسيع الحساب المجرد وسيلة رئيسة. هذه الوسيلة أثبتت فعاليتها ليس في التوسع الخاص بالجبر كما في "حساب المجهولات" إنما في تقدم نظرية الأعداد كما في الطرق العددية. أسس ذلك لفهم أعمق لإحدى النزعات الأساسية للجبر العربي. فإن درس أعمال الرياضيين من مدرسة الكرجي مكن رشدي راشد من أن يبين :

١- إن كشف عدة منسوبة حتى الآن إلى جبري القرنين الخامس عشر الميلادي والسادس عشر الميلادي، هي من عمل الرياضيين من مدرسة الكرجي. ومن بين ما توصل إليه الرياضيون من مدرسة الكرجي، نظريات كاملة كجبر متعددات الحدود ، وقضايا جوهريّة - صيغة ذات الحدين وجدول المعاملات ، وخوارزميات مثبتة - كتلك الخاصة بقابلية قسمة متعددات الحدود، وطرق البرهنة كالاستقراء التام؛

٢- توج كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي (المتوفى ١٤٣٦-١٤٣٧) استعادة بدأها جبري القرنين الحادي عشر الميلادي والثاني عشر الميلادي.

و يفترض رشدي راشد إن الكسور العشرية التي لا يزال ينسب كشفها إلى كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي (المتوفى ١٤٣٦-١٤٣٧) ، هي من عمل جبري القرنين الحادي عشر الميلادي والثاني عشر الميلادي. ومن بين أتباع الكرجي، كان سموأل أفضل من ساعد رشدي راشد على استخلاص تفسير لهذا الافتراض. ومؤلفه الجبري الذي عرضنا لتحليل رشدي راشد له سابقاً بدا له بوصفه مساهمة نظرية وتقنية لتحقيق

مشروع الكرجى فضلا عن كون بحثه الجبرى "الباهر" يؤكد له أنه من بين جميع أتباع الكرجى كان هو من دون شك أحد الذين التزموا بإنجاز مشروعه.

فى بحث آخر للسموأل "القوامى فى الحساب الهندى" المحرر فى ١١٧٢ (قبل وفاته بعامين) عرض للكسور العشرية. وقد قدم رشدى راشد صورة عنه كخلاصة لـ "بحثه" وكعمل رياضى أخير لسموأل.

فإن النتائج التى وصل إليها الجبر المجدد كانت شرط العودة إلى الحساب. فظهر الحساب وكأنه المجال المختار للتطبيق. فقد تم التوصل إلى تعميم الطرائق والوسائل التطبيقية فى الحالات وحدها عند الحسابيين مما وفر لهم طرقاً أخرى مجهولة. ولقد شكلت مجموعة هذه الوسائل والطرائق منذ ذلك الحين جزءاً مما سمي فيما بعد بـ "التحليل العددي". ففى نهاية الحركة الأولى لهذه العوده الظاهرة فى كتاب "القوامى فى الحساب الهندى" للسموأل، ظهرت نظرية الكسور العشرية. وهى نظرية تقنية ضرورية للعودة الفضلى.

بدا الابتكار الأول للكسور العشرية لرشدى راشد وكأنه الحل النظرى لمسألة نظرية وتقنية معا.

تمكن رشدى راشد من إزاحة تواريخ مختلف الاكتشافات لقرنين ونصف القرن، وتمكن رشدى راشد من إزاحة تاريخ اكتشاف الكسور العشرية : لماذا هذه الكشوف ؟ ما أسباب ظهور هذه الكشوف فى ذلك المكان وفى ذلك الزمان؟

كان لابد لرشدى راشد أولاً أن يعرض لتصورات وتقنيات نظرية الكسور العشرية. ففى كتاب سموأل تلت هذه النظرية فصول عدة حول مسائل التقريب وبصورة خاصة تقريب الجذر الميمى (الموجب) لعدد ما. إن المقصود هو تقريب الأعداد الحقيقية الجبرية حيث يتحدد كل عدد كجذر للمعادلة: $x^q = q$ حيث $n=2.3.000$ ، ولكن لا يمكن معرفته بواسطة الأعداد العشرية. وبفعل "قرب" يقصد سموأل معرفة عدد حقيقى بواسطة سلسلة من الأعداد المعلومة، مع تقريب بإمكان الرياضى تصغيره إلى أى حد مطلوب. إن المقصود هو قياس الفرق بين الجذر الميمى الأصم وسلسلة من الأعداد النسبية. فالسموأل كان يعى المسألة المطروحة فى التفسير السابق عندما كان يتعلق الأمر بقوى أكبر من ثلاث. وهى مسألة منتجة. مسألة التقريب هى مسألة قياس الفرق.

أ- طريقة "روفينى - هورنر"

أثبت ب. لوكى *P.Luckey* أن الكاشى كان عنده طريقة عامة لاستخراج الجذر الميمى. وهى ليست سوى التطبيق على حالة خاصة كطريقة رياضى القرن التاسع عشر الميلادى أمثال روفينى وهورنر. لأن الكاشى وأتباعه لم يعلنوا عن اكتشافهم، واستحضر المؤرخون لذلك الكشف مصدراً صينياً من القرن الثانى عشر

الميلادي. وما زالت تلك الصورة مستمرة رغم إنصاف ب.لوكي *P.Luckey* والأعمال المهمة الحديثة حول رياضيات القرن الخامس عشر الميلادي.

أثبت رشدي راشد، إذن، أن أعمال الجبريين التي نسبت إلى القرن الخامس عشر الميلادي، وأعمال الجبريين التي نسبت إلى القرن السادس عشر الأوروبي، كانت من نتاج الكرجي ومدرسته. فصول كاملة من الجبر مثل فصل تطبيق العمليات على متعددات الحدود، دساتير أساسية مثل دستور ذي الحدين وحساب أمثاله بما في ذلك اكتشاف ما يسمى بمثلث بليز بسكال، والذي بين رشدي راشد بفضل السموال أنه من أعمال الكرجي، مناهج حسابية متقنة مثل منهج قسمة متعدد الحدود ومنهج استخراج جذره التربيعي، قضايا متعددة من نظرية الأعداد وتطبيق كل هذه العمليات على العبارات غير المنطقية، مما أدى إلى معرفة القيمة الجبرية للأعداد الحقيقية. لم يكن اختراع السموال للكسور العشرية كسفا من عدم، إلا أن اختراع الكسور العشرية لم يصل إلى هذه الدرجة من العمومية من قبل السموال. صاغ السموال كشفه في صورة "طريق عام أو منهج عام" لتصحيح الكسور في كل أعمال التقريب بغير نهاية. الجديد في كشف السموال هو التعميم أو وضع أصل واحد لأعمال التقريب جميعاً -القسمة، التجذير، التضليل- لهذه المراتب كلها وتصحيح الكسور الواقعة في هذه الأعمال بغير نهاية. وقد بقي منهج السموال حتى القرن الثامن عشر الأوروبي على وجه التقريب. من جهة أخرى كانت معرفة الاقليدسي بالكسور العشرية حذسية. ولم تخرج معرفة الاقليدسي بالكسور العشرية إلى صياغة التصور النظري الكامل إلا بعد تجديد الكرجي ومدرسته في الجبر. من هنا كان على رشدي راشد أولاً تعريف هذه الطريقة وتحديد صياغتها في القرن الثاني عشر الميلادي، من خلال المثال التالي:

ب- خطوات استخراج الجذر الخماسي لـ :

$$Q=0,0,0,2,33,43,3,43,36,48,8,16,52,30.$$

و هذا يكافئ البحث عن الجذر الموجب للمعادلة :

$$(1) f(x)=x^5-Q=0$$

ويمكن رشدي راشد تمييز عدة مراحل للبحث عن الحل :

تمهيدية : $K \in \mathbb{Z}$

حدد رشدي راشد أولاً المواقع من نوع nk حيث $n=5$ و k

نحصل على المواقع الخاصة: $0,-5,-10,-15$

يسمى رشدي راشد هذه المواقع ، المواقع التامة أي المواقع التي يمكن لأرقام الجذر الموجب أن تأخذها.

كل من هذه المواقع ذكر مرتين. أضيف رشدى راشد عن جهة اليمين العدد الضرورى من الأصفار
فحصل على الشرائح التالية :

		2	33	43
3	43	36	48	8
16	52	30	0	0

المرحلة الأولى :

(1) يمكن رشدى راشد تعيين مجال الجذر ، ليكن

$x_0 \in [60^{-1}, 60^0]$ ، يكتب x_0 إذن على الشكل التالى :

$$x_0 = x_1 60^{-1} + x_2 60^{-2} + \dots + x_p 60^{-p} + r$$

حيث x_i ليست جميعها معدومة. نرجع المسألة إذن لتحديد كل من x_1, x_2, \dots, x_p على التوالى.

لاحظ رشدى راشد أن السؤال لا يبحث عن كسر لتحديد قيمة x_1 بل عن عدد صحيح بحيث يمكن طرح
قوته الخامسة من الشريحة الأولى التى سبق له أن اعتبرها شريحة من الأعداد الصحيحة وليس ككسر.
ويكتب كذلك القوى المتتالية لـ x_1 حتى المرتبة $n - 1 = 4$. وهكذا يكشف عن ما يلى :

$$x_1^2 = 36, x_1^3 = 3,36, x_1^4 = 21,36.$$

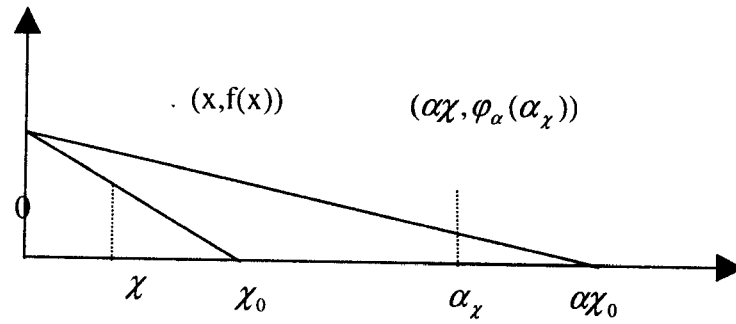
المقصود، هنا، القاعدة الأولى للطريقة. إذ يلجأ الرياضى إلى تمديد متعديرات الحدود بواسطة عدد موجب

معطى فينتج بعد تمديد f بنسبة $x = 60$:

$$(2) f1(x) = x5 - 605Q = x5 - Q1 = x5 - 2,33,43; 3,43,36,48,8,16,52,30 = 0$$

إن البحث عن أكبر عدد صحيح بحيث يمكن طرح قوته الخامسة من الشريحة الأولى يعنى ببساطة تحديد

قيمة x_1 بحيث :



$$(3) \quad x_1^5 \leq Q_1 < (x_1 + 1)^5 \leftrightarrow x_1^5 - Q_1 \leq 0 < (x_1 + 1)^5 - Q_1.$$

و لاحظ رشدی راشد أنه إذا كانت نقطة ما $(x, f(x))$ تقع على منحنى f فالنقطة $(ax, f(x))$ تقابلها على منحنى φ_α الناتج عن التآلف الذى نسبته α ومحوره O_x .

وهى خوارزمية معتادة لدى رياضى تلك الحقبة ليست من اختراع السموأل وحده.

فبعد أن أجرى حساب القوى المتتالية للعدد x_1 أعطى السموأل جدولاً أدخل رشدی راشد الترميز x_i واستعملنا الكتابة 1,48 مثلاً بدلاً من $\frac{1}{8}$ كما طبق السموأل .

بدأ رشدی راشد قراءة شرح السموأل ثم شرح على شرح السموأل .

و درس السموأل فيما بعد عناصر القطر :

$$, 1,48,0=5.6^4 \quad 6,0=10.6^2, \quad 36,0=10.6^3 \quad 30=5.6,$$

يثير رشدی راشد بعد ذلك سؤالين :

١- ما هذه الخوارزمية ؟

٢- لماذا درس السموأل عناصر القطر ؟

وبين رشدی راشد أن السؤالين يتعلقان بالقاعدة الثانية للطريقة.

ثم بدأ رشدی راشد بالإجابة عن السؤال الثانى: لماذا يهتم السموأل بعناصر القطر؟ صيغت الخوارزمية للحصول على عناصر القطر. هذه العناصر ليست سوى معاملات المعادلة الناتجة عن التحويل (٢). فبعد أن مدد الرياضى الدالة وحصل بذلك على (٢) يُنقص الرياضى جذور (٢) بقيمة x_1 . بفرض $x^2 - x = x_1$ الجذر المنقص منه x_1 . إذن :

$$X = x + x_1$$

$$f_2(x) = \sum_{p=1}^5 c_p x^p x^{5-p} - Q_2 = 0$$

$$Q_2 = Q_1 - x_1^5 \quad \text{حيث :}$$

وتتحول المعادلة بواسطة هذا الإنقاص إلى :

$$(4) \quad f_2(x) = \sum_{p=1}^5 c_p x^p x_1^{5-p} - Q_2 = 0$$

(حيث x هو الجذر المنقّص) .

$$f_2(x) = x^5 + 30x^4 + 6,0x^2 + 1,48,0x - 24,7; 3,43,36,48,8,16,52,30 : \therefore$$

هذه هي خوارزمية هورنر كما تطبق على الحالة الخاصة $Q = 0 - x^n$. كي نبرهن ذلك يكفي كتابة خوارزمية هورنر للحالة السابقة ومقاربتها بتلك التي يقترحها السموأل حيث :

$$Q1 = 2,33,43; 3,43,36,48,8,16,52,30$$

$$Q2 = 24,7; 3,43,36,48,8,16,52,30$$

قارن رشدى راشد إذن جدول هورنر بجدول السموأل ورأى أنهما متشابهان مع فوارق طفيفة تعوز جدول السموأل وهي :

١- العمود الأول

٢- العدد Q_2 -

حساب هذا العدد يتم بحساب قيمته المطلقة في السطر المخصص لاستخراج الجذر الخماسي للعدد. وتزول هذه الفوارق تقريباً إذا ما لاحظنا أن جوهر قاعدة تشكيل المثلث هو نفسه عند كليهما . فلو سمينا $x_{i,j}$ عناصر هذا المثلث حيث : $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n-1$,

$$\text{لكان : } a_{i,j} = a_{i-j} + x_1 a_{i,j-1}$$

(٣) بعد أن وسع السموأل الدالة وحصل على الرقم الأول من الجذر وحول المعادلة بإنقاص جذورها بواسطة هذا الرقم ، يعطى جدولاً يعبر بلغة أخرى عن المعادلة المحوَّلة.

المرحلة الثانية :

(١) لاحظ رشدى راشد أن السموأل يحضر تحديد الرقم الثانى للجذر x_2 ، مستعيداً العمليات السابقة، وهكذا يرد البحث عن x_2 إلى بحث عن عدد صحيح لا عن كسر ، فيمدد الدالة f_2 بواسطة النسبة $\beta=60$ ويحصل إثر ذلك على :

$$(5) \quad f_3(x) = \sum_{p=1}^5 c_p 60^{5-p} x_1^{5-p} x^p - Q_3 = 0$$

حيث : $Q_3 = 60^5 Q_2$

$$f_3(x) = x^5 + 30,0x^4 + 6,0,0x^3 + 36,0,0,0x^2 + 1,48,0,0,0,0x : \therefore$$

$$-24,7,3,43.36,48,8;16,52,30$$

(٢) يسعى إلى تحديد x_2 بحيث :

$$(6) f_3(x_2) \leq 0 < f_3(x_2+1) \leftrightarrow f_3(x_2) + Q_3 \leq Q_3 < f_3(x_2+1) + Q_3.$$

ليكن $x_2=12$ الرقم الثاني من الجذر ، نسعى لإنقاص x_2 من جذور $f_3(x)$ نفرض أن $x''=x-x_2$ هو الجذر المنقّص بمقدار x_2 . إذن $x=x''+x_2$

و :

$$(7) f_3(x) = \sum_{p=1}^5 c_p 60^{5-p} x_1^{5-p} (x''+x_2)^p - Q_3 = 0.$$

وتصبح المعادلة المحولة بهذا الإنقاص بواسطة خوارزمية هورنر :

$$f_4(x) = \sum_{p=0}^4 a_p x^{5-p} - Q_4 = 0$$

حيث : $a_0=1$

$$\begin{aligned} A_1 &= 31,0, & A_2 &= 6,24,24,0, \\ A_3 &= 39,43,16,48,0. & A_4 &= 2,3,8,10,4,48,0. \\ Q_4 &= 1,1,44,1,39,40,56;16,52,30 \end{aligned}$$

أنجز السموأل هذا الحساب بواسطة جدول أول يهدف إلى حساب :

$$Q_4 = Q_3 - [(5x_1 60 + x_2)x_2 + 10 x_1^2 60^2]x_2 + 10 x_1^3 60^3]x_2 + 5 x_1^4 60^4]x_2$$

و خصص السموأل الجدول الثاني لحساب باقى معاملات المعادلة المحولة بواسطة "خوارزمية هورنر".

(٣) مدّد الدالّة، وحصل على الرقم الثانى لجذر المعادلة المحولة، بإنقاص جذورها بهذا الرقم.

لاحظ رشدی راشد أن البحث عن x_2 كان من الممكن أن يكون أصعب بكثير لو اكتفى السموأل كما في حالة x_1 بفرض شرط واحد هو أن يكون x_2 هو العدد الصحيح الأكبر ذو القوة الخامسة الواردة في Q_3 . لا يبين السموأل، حسب تقويم رشدی راشد، هذه النقطة، ويقتصر على هذا الرقم الذي يحقق مفكوك الحدانية بأس 5 .

و بين رشدی راشد أن على x_2 أن يحقق (6)، وهو شرط مكافئ لـ (3) . يكتب رشدی راشد $f_3(y)=0$ بالصورة التالية :

$$[[[5x_160+y)y+10\chi_1^260^2]y+10\chi_1^360^3]y+5\chi_1^460^4]y=Q_3$$

إذن بقسمة Q_3 على $5\chi_1^4,60^4$ نتوصل إلى تقريب x_2 بواسطة قيمة y .

قد يكون حاصل القيمة الناتجة أكبر من قيمة x_2 ولكن بالإمكان إجراء المقاربة التدريجية لتحديد قيمة x_2 .

بالإمكان تفسير المقاربة التدريجية لتحديد قيمة x_2 ، تفسيرين اثنين : التفسير الأول هو الملاحظ التجريبية مع أن $Q_3 \leq 5\chi_1^460^4$. نجرى عمليات قسمة متتالية ، ومن التجريب كيما نحدد x_2 . إن التفسير الثاني هو مبدأ المشتق. وذلك عندما يهمل معاملات y^k ، حيث $k > 1$. وليس من مبرر لمبدأ المشتق في عمل السموأل .

المرحلة الثالثة

حدد السموأل ١٧ الرقم الثالث x_3 للجذر . وبالطريقة نفسها يبحث السموأل عن x_3 كعدد صحيح وليس ككسر . وهكذا بعد تمديد f_4 بنسبة $y=60$ نحصل على:

$$(8) f_5(x)=x^5+31,0,0x^4+6,24,24,0,0x^3+39,43,16,48,0,0,0,0x^2+2,3.8.10,4,48,0,0,0,0,0x-1,1,44,1.39,40,56,16,52,30,0,0.$$

لتكن الآن $x_3=30$ ،

$$\text{إذن : } f_5(x_3) \leq 0 < f_5(x_3 + 1) \leftrightarrow f_5(x_3) + Q_5 = g(x) - Q_5 = 0$$

ليكن $x'''=x-x_3$ هو الجذر المنقص الذي يعادل الصفر . في الحالة المطروحة هنا ، نحصل على المعادلة المحولة :

$$f(x) = x^5 + b_1x^4 + b_2x^3 + b_3x^2 + b_4x - Q_5 = g(x) - Q_5 = 0$$

$$g(x)=[\{(a_1 60+x)x+a_2 60^2\}x+a_3 60^3\}x+a_4 60^4]x,$$

وهى عبارة ، صاغها السموأل فى جدول حيث سطره المتتابعة هى :

$$[(a_1 60+x)x+a_2 60^2]=6,24,39,30,15,0$$

$$\{[(a_1 60+x)x+a_2 60^2]x+a_3 60^3\}=39,46,29,7,45,7,30,0$$

$$(9) \{[(a_1 60+x)x+a_2 60^2]x+a_3 60^3\}x+a_4 60^4=2,3,28,3,19,21,52,33,45,0,0$$

و بواسطة خوارزمية هورنر كشف رشدى راشد عن الجذر المطلوب :

$$x_0=:x_1x_2x_3=:6,12,30.$$

و هكذا كشف رشدى راشد عن الفرق فى طريقة العرض بين طريقة الكاشى وطريقة رياضى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى. ففي الكاشى ورياضى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى، يطبق الرياضيون المنهج نفسه الذى هو أساس طريقة روفينى - هورنر بالنسبة إلى الحالة الخاصة $f(x)=x^n-Q=0$ على الأقل. لحل هذه المعادلة العددية ، يجرأ العدد Q لشرائح كى يُحدّد مجال الجذر الموجب ، تُمدد أو تُقلص الدالة f حسب الحالة وبالتالي ننقص جذور المعادلة المحوّلة التى يُحصل على معاملاتها بواسطة خوارزمية هورنر.و نكرر الطريقة حتى استنفاد أرقام الجذر. ونطبق هذا المنهج بطريقة جبرية بحتة.

كان دور الجداول الرمزى واضحاً عند الكاشى كما عند أسلافه. فمع أن الجداول الرمزية كانت ثقيلة، صارت كتابة متعدّدات الحدود وعملياتها، كتابة ممكنة. واستخدم الكاشى ورياضيو مدرسة الكرجى، الجداول الرمزية نفسها مع أن الكاشى جمع فى جدول واحد ما جمعه أسلافه فى جداول عدة متتالية.

فأهم التقارير فى كتاب مفتاح الحساب للكاشى كانت قد وردت فى أعمال الكرجى وأتباعه. والجداول التى حذفها ناسخ بحث شرف الدين الطوسى تشبه طريقة روفينى - هورنر ليس فى الحالة الخاصة لاستخراج الجذر الميمى لعدد ما وحده إنما فى الحالة العامة (لحل المعادلات الجبرية ذات المعاملات العددية). إن طريقة شرف الدين الطوسى، التى ليست بالضرورة من ابتكاره، هى بمعنى ما، أحدث من طريقة فييت.

و فى ضوء اكتشاف طريقة روفينى - هورنر عند رياضى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى والمطبقة على حالة استخراج الجذر الميمى الخاصة، وفى أفق اكتشاف نظرية الكسور العشرية عند الرياضيين أنفسهم ، طرح رشدى راشد مسألة تعميم هذه الطريقة طرْحاً تاريخياً ولم يقتصر على الطرح

الرياضي. وبالتالي ، درس رشدى راشد مشروعية إضافة اسم روفينى - هورنر إلى طريقة شرف الدين الطوسي. لكن تعميم طريقة ما لا يعنى مَد مجموعة من الطرق. إن عمل شرف الدين الطوسي فى مجمله لا ينتمى إلى الجبريين الحسابيين من مدرسة الكرجى (الكاشى) إنما مثل عمل شرف الدين الطوسي مساهمة مبكرة جدًا وأساسية لجبر المنحنيات بواسطة المعادلات. أسس عمل شرف الدين الطوسي للهندسة الجبرية.

إن تعميم الطريقة يقضى من الرياضى بإدراك الظاهرة المدروسة وبتأسيس عمليات هذه الطريقة المختلفة. من هنا يؤسس الرياضى للتمديد. كان بإمكان السموأل والكاشى تفويض تعميم الطريقة وإدراك الظاهرة المدروسة وتأسيس عمليات هذه الطريقة المعممة، المختلفة، إلى التجريب. وأورد رشدى راشد نموذجاً توضيحياً واحداً لشرف الدين الطوسي. وهو نموذج يبين قيام طريقة روفينى - هورنر، فى صورة عامة، نسبياً قبل الكاشى.

$$\text{ليكن : } f(x)=g(x)-N=0$$

$$\text{حيث : } g(x)=x^3+a_1x^2+a_2x$$

$$N=n_010^{n_1}+n_110^{n_2}+....+n_m$$

نحدد أولاً المواقع التامة لـ N أى المواقع ذات الشكل np حيث $n=3$ و $p \in \mathbb{Z}$. المقصود إذن تحديد الشرائح للأرقام الثلاثة التى تشكل N . ليكن q_0 العدد الصحيح الأكبر من شكل np حيث $0 \leq q_0 \leq m$. وليكن p_0 بحيث $q_0=np_0$. ليكن k_1 و k_2 الترتيبين العشريين على التوالى لكل من a_1 و a_2 وليكن $\left[\frac{k_2}{2}\right]$ الجزء الصحيح من $\left[\frac{k_2}{2}\right]$.

ميز الطوسى بين حالات ثلاث :

$$(1) \quad p_0 > \left[\frac{k_2}{2}\right], \text{ و } p_0 > k_1$$

$$(2) \quad k_1 < \left[\frac{k_2}{2}\right], \text{ و } p_0 < \left[\frac{k_2}{2}\right]$$

$$(3) \quad \left[\frac{k_2}{2}\right] < k_1, \text{ و } p_0 < k_1$$

حلّ رشدي راشد الحالة الأولى :

مثال : $f(x)=g(x)-N= x_3+12x_2+102x - 34345395 = 0$

ليكن x_0 الجذر الموجب. المفترض ، نعرف أن $x_0 \in [10^2,10^3]$

إنن : $x_0=a_110_2+a_210+a_3$

(١) نبدأ أولاً بتحديد المواقع التامة ، من اليمين إلى اليسار : 5,5,4 .

(٢) ونقلص f بالنسبة $\beta_1 = 10^{-2}$ وهذا يكافئ الافتراض : $x=10^2x'$ نحصل على :

$f(10^2x')=(10^2x')^3+12(10^2x')^2+102(10^2x')-n=0$

و هذا يكافئ بدوره :

$f_I(x')=x'^3+0,12x'^2+0,0102x'-N_I=g_I(x')-N_I=0$

حيث : $N_I= 10^6N= 34,345395$.

يكون عندها x'_I أكبر عدد صحيح حيث مكعبه محتوى فى $N_I:x'_I=a_I=3$

فإذا كان a_I الرقم الأول للجذر فإن :

$x_I=10^2x'_I=10^2x_I=300$

(٣) يتم إنقاص جذور $f_I(x')$ بقيمة $x'_I=3$ بواسطة شكل قديم لخوارزمية هورنر ، فنحصل عندها على معاملات المعادلة المحولة :

$y=x'-x'_I$ حيث $F_2(y)=f_I(y+x'_I)$

و $f_2(y)=g_2(y)-N_2$.

$N_2=N_I-g_I(x_I)f_2(y)$: ∴

$=y^3+(3\chi'_1+0,12)y^2+(3\chi'^2_1+2x0,12\chi'_1+0,0102)y$

$$-[34,345395-(\chi_1^3 + 0,12 \chi_1^2 + 0,0102 \chi_1)]$$

$$=y^3+9,12y^2+27,7302y-6,234795.$$

لاحظ رشدي راشد أن الطوسي ، فى حساب معاملات المعادلة المحولة ، لا يجرى سوى حساب المعامل الخاص y وحساب N_2 .

$$(٤) \text{ يمدد } f_2 \text{ بالنسبة } \beta_2 = 10 \text{ وهذا يكافئ الافتراض } y = 10^{-1}y'$$

$$f_2(10^{-1}y')=0 \text{ : فيحصل على}$$

و هذا يكافئ :

$$f_3(y')=y'^3+91,2^2+2773,02y'-6234,795=g_3(y')-N_3=0.$$

لاحظ رشدي راشد أن الطوسي مهد ، منذ نهاية المرحلة السابقة ، للبحث عن الرقم الثانى للجذر أو a_2 . لكن إذا كان شكل الجذر الحقيقى المطلوب فى المرحلة الأولى هو : $a_1 10^2 + a_2 10 + c_3$ ، فيعد التقليص واستخراج الرقم الأول والإنقاص، يصبح الجذر المنقّص المطلوب جذراً للمعادلة: $f_2(y)=0$ وله الشكل $a_2 10^{-1} + a_3 10^{-2}$ وهذا ما يبرر التمديد بنسبة $\beta_2 = 10$ لإيجاد a_2 .

يجد الطوسي، هنا، $a_2=2$. وإذ لم يبين لرشدي راشد صراحة الطريقة لتحديد a_2 ، فالمحتوى ملتبس. فالطوسي يقرن تحديد هذا الرقم ببعض العمليات ، ويتابع الإجراء نفسه حتى نهاية "بحثه". ويتعلق البحث بطريقة معروفة.

لاحظ رشدي راشد، أولاً، لتحديد الرقم الثانى للجذر، كما الأرقام التالية، أن الطوسي لم يبحث عن العدد الصحيح الأكبر الذى مكعبة مضمون فى N_3 . فالطوسي يدرك تماماً أن هذه الطريقة ليست صالحة، لأن y فى هذه الحالة هى التى تحدد مرتبة الجذر العشرية. فإن تحديد الرقم الثانى مرتبط بحساب N_3 وحساب:

$$(3x^2+2x0,12x+0,0102)10^2.$$

يميز الطوسي، هنا ، كما فى حساب المعاملات بواسطة مثلث هورنر، كلا من N_2 ومعامل y ثم N_3 ومعامل y ص. وفى هذه المرحلة من الحساب بالذات يعطى قيمة a_2 مما يدل على أن الطوسي يحدد قيمة تقريبية لـ a_2 فى الشكل :

$$\frac{N_3}{10^2 g'_1(x'_1)}$$

$$a_2 10^{-1} \approx \frac{N_2}{g'_1(x'_1)} \quad \text{وهذا يكافئ :}$$

و يعادل أيضاً أن نهمل في $g_3(y')$ الحدود ذات المرتبة الأعلى من واحد . تؤكد الطريقة المتبعة، لتحديد الرقم الثالث للجذر، تفسير رشدى راشد. ومع أن الطوسي، يستعمل في بحثه، طريقة "الاشتقاق" في البحث عن النهايات العظمى، فـ"المشتق" ليس يلعب سوى دور عبارة جبرية تقابل معامل y' وبالتالي تقابل بالضرورة لأكبر معامل في المعادلة المحولة. إذا كان لـ "المشتق" أن يؤسس هنا للحصول على قيمة تقريبية للرقم الثانى، فذلك بسبب خصائصه الجبرية، وليس بفضل مدلوله التحليلي. هذه طريقة لإجراء الاشتقاق على العبارات الصورية. ويكشف رشدى راشد عن الحالة نفسها مع "القاسم" الشهير في الطريقة المسماة باسم طريقة فيات هورنر على :

(٥) يتم إنقاص جذور $f_3(y')$ بقيمة $x_2=x'_2=2$ ونحصل بواسطة خوارزمية حيث :

$$f_4(z)=f_3(z+x)=g_4(z)-N=0$$

$$N_4=N_3-g_3(x'_2) \text{ و } z=y'-x'_2$$

$$f_4(z)=z^3+97,2z^2+3149,82z-315,955=0 \quad \therefore$$

$$(٦) \text{ نمذد } f_4 \text{ بنسبة } \beta_3 = 10$$

(٧) ونعاود الكرة للرقم الثالث من الجذر ، الذى نجد أنه يعادل واحدًا. فى الحالة حيث :

$$k_1 < [2]^{k_2} \text{ و } p_0 < [2]^{k_2}$$

$$x^3+6x^2+3000000x=996694407$$

$$\text{أو فى الحالة حيث : } p_0 < k_1 \text{ و } [2]^{k_2}$$

$$\text{مثل : } x^3+30000x^2+20x=3124315791$$

يقسم الطوسى على التوالى بمعامل x وبمعامل x^2 وهذا يفسر البحث عن المكعب الأكبر فى N .

سجل رشدى راشد بعد ذلك أن الطوسى يفسر عمليات التمديد والتقليص والقسمة فى العبارات التى استعملها فيات فيما بعد للنموذج نفسه من العملية. إن المقصود الأساس هى المقارنة بين المراتب العشرية

المختلفة التي تشكل $g(x)$ حسب الحالات المختلفة من جهة ، والشرائح المختلفة لـ N من جهة أخرى. والتماثل واضح في المفردات المستعملة وعمليات الطوسى وفيات .

لاحظ رشدى راشد كذلك أن الطوسى لم يقصد تحديد أرقام الجذر وحسب إنما قصد كذلك وسائل مراقبة الرقم المدروس. لذلك قارن الطوسى فى كل مرحلة من العملية المرتبة العشرية للجذر المطلوب والمراتب العشرية لمعاملات المعادلة.

إذا كانت مدرسة الكرجى قد عرفت طريقة روفينى - هورنر فى الحالة الخاصة التى درسها رشدى راشد، فقد عُممت هذه الطريقة فى بداية القرن الثالث عشر الميلادى، أي، قبل الكاشى بقرنين بواسطة رياضى يعرفها بطريقة غير مباشرة. ولاحظ رشدى راشد كذلك أنه مع أن شرف الدين الطوسى لم يدرس سوى المعادلات من الدرجة الثالثة - موضوع بحث شرف الدين الطوسى - فتطبيق طريقته فى حال معادلات متعددة الحدود من أية درجة كانت لا يقتضى أى مفهوم يجهله شرف الدين الطوسى. ينبغى عدم المغالاة فى اللغة الوظيفية التى استخدمها رشدى راشد فى عرض طريقة الطوسى وتلك المستخدمة فى عرض طريقتي السموأل والكاشى. فمفهوم الدالة كدالة لا يتدخل ، إذ لدى رشدى راشد موجز تصورى بسيط يجنبه الاحتفاظ بالعبارات الجبرية. إن $f(x)$ فى كتابة رشدى راشد لا تمثل سوى متعدد حدود.

ب- تقريب الجذر الأصم لعدد صحيح.

إن الصيغة العامة المنسوبة للكاشى يردها بول لوكى إلى أصل صينى من القرن الثالث عشر الميلادى. هذا النسب إلى أصل صينى من القرن الثالث عشر الميلادى كان قد اهتز باكتشاف الصيغة نفسها عند رياضى سابق للكاشى بقرن ونصف القرن تقريباً هو نصير الدين الطوسى. وبين رشدى راشد أن القاعدة وصياغتها، تعودان، تاريخياً، إلى مدرسة الكرجى ، أى إلى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى.

بعد أن عرض السموأل طريقة روفينى - هورنر ، يخصص فصلاً كاملاً لمسائل تقريب الجذر الميمى الموجب لعدد صحيح أو لجزئه الكسرى. وأمكن رشدى راشد أن يؤكد أن السموأل يذكر هنا قاعدة عامة تؤسس للتقريب بواسطة الكسور للجزء غير الصحيح من الجذر الأصم لعدد صحيح . وأعاد رشدى راشد رسم المسيرة التى يقترحها السموأل لهذه القاعدة. المقصود إذن حل المعادلة العددية $x''=N$ حيث . وبحث أولاً عن أكبر عدد صحيح x_0 بحيث أن $x_0'' \leq N$ ، وهنا تظهر حالتان :

(١) $x_0'' = N \Leftrightarrow x_0$ هو بالضبط الجذر المطلوب وقد رأينا أن السموأل يمتلك طريقة أكيدة للحصول على هذه النتيجة عندما يكون الحل ممكناً .

(٢) $N \frac{1}{n} \Leftrightarrow x_0^n < N$ هو أصم . وفى هذه الحالة يبين كتقريب أول :

$$(1) \quad x' = x_0 + \frac{N - x_0^n}{\left[\sum_{k=1}^{n-1} \binom{n}{k} x_0^{n-k} \right] + 1}$$

أى :

$$(2) \quad x' = x_0 + \frac{N - x_0^n}{(x_0 + 1)^n - x_0^n}$$

وفى حالة الجذر التكعيبي نحصل على " التقريب الاتفاقي"، حسب ما عبر الرياضيون العرب.

وبين السموأل بعد ذلك بأمتلة، الجذور المربّعة ، الجذور المكعبة ، الجذور من مراتب أكبر، تطبيق هذه القاعدة. فيحل، تمثيلا لا حصرا، $x^3=250$. وهذا التقريب الأدنى، حسب تقدير رشدى راشد، هو من الطبيعة نفسها للتقريب الذى يعرضه الرياضيون العرب السابقون للسموأل لكن هذا التقريب الأدنى أعم من التقريب الذى يعرض الرياضيون العرب السابقون للسموأل. إذ إن الحسابين السابقين لمدرسة الكرجى (كالنسوى ، تمثيلا لا حصرا) يحصرون تطبيق هذه القاعدة للقوى ٣ ، أما عند السموأل فالقاعدة تطول أية قوة .

وهكذا نحصل على الصيغة (2) وبالتالي نحصل على الصيغة (1) .

ففى الحالة الأولى : نفترض أن : $x_0 < N \frac{1}{n} < x_0 + 1$

وأن $N_n^1 = x_0 + r$ ؛ فيكون لدينا : $N = (x_0 + r)^n \Leftrightarrow N = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x_0^{n-k} r^k$

$$\therefore r = \frac{N - x_0^n}{n x_0^{n-1} + \binom{n}{2} x_0^{n-2} r + \dots + r^{n-1}}$$

$\therefore r$ تكافئ الجزء الكسرى من (2) وبالتالي من (1) ، أما فى الحالة الثانيةى فإذا افترضنا:

$$Y_I = x_0 \quad X_I = (x_0)_n \quad Y = \frac{1}{xn}$$

وكذلك : $y_2 = x_0 + I$ و $x_2 = (x_0 + I)^n$

∴ : $\chi = N = \chi_0^n + r$ وطبقنا صيغة الاستكمال الخطي المستعمل بصورة شفوية عند رياضى تلك الحقبة :

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \cong \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \rightarrow yy_1 + \frac{(y_2 - y_1)(x - x_1)}{x_2 - x_1}$$

$$\therefore : yx^0 + \frac{N - x_0^n}{(x_0 + 1)^n - x_0^n}$$

الرياضى فى الحالين إلى طرق - صيغة ذات الحدين ، جداول المعاملات ، قاعدة حساب الخطأين - الكرجي. فإن طرق الاستكمال الخطى كان قد طبقها فلكيو القرن الحادى عشر الميلادى، أو نحو ذلك القرن. فلا هذه الوسائل الرياضية ولا قراءة السموأل نفسه، تؤسس لانتساب قاعدة التقريب السابقة إلى البيروني. لذا ينسب رشدى راشد طريقة روفينى - هورنر والتقريب إلى مدرسة الكرجي.

ج- طرق تحسين التقريب

سعى السموأل إلى بناء متتالية من الأعداد النسبية تتقارب مع عدد جبرى حقيقى معطى. ولأن الوسيلة التى يبحث عنها يفترض بها أن تؤسس جميع التقريبات من خلال الإعادة ، فهو يعتمد طريقة تكرارية. لكن السموأل وأغلب رياضىي القرن الثانى عشر الميلادى، اجتنبوا مسائل الوجود النظرية. وأراد السموأل أن يستخلص نتائج ممكنة. ونظر رشدى راشد إلى ما كتبه السموأل. ولا حظ رشدى راشد أن السموأل لا يقصر استعمال هذه الطريقة على الحالات الخاصة $n = 2$ و $n = 3$ لكنه يعرضها فى الحالة العامة. ينبغى إذن قسمة الفرق على ضعف القوة $(n - 1)$ للجزء الصحيح من الجذر ثم نضيف إلى الفرق مجموع القوى الأدنى حتى $[0 - (n - 1)]$ ، هذا ما كتبه السموأل، حسب تفسير رشدى راشد. إذ يبحث السموأل عن الجذر الميمى، المقرب للعدد الصحيح x .

ليكن a العدد الصحيح بحيث : $x_n^1 - 1 < a \leq x_n^1$

و x_0 عدد نسبى بحيث : $x_0^1 \leq x_n^1$ و $x_0^{\frac{1}{n}} \leq a$

∴ : $x = (a + x)^n$ حيث $\alpha \geq 0$

∴ : $x_0 = (a + 0 \leq \beta \leq \alpha \beta)^n$

نحصل على التقريب الأول بواسطة الصيغة :

$$f(x) \equiv f(x_0) + \frac{x - x_0}{2a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p} \quad \text{حيث } f(x) \equiv \frac{1}{n} f(u)$$

ومن طريق التكرار يكتب التقريب من رتبة $k+1$ حيث $(k=1,2,\dots)$:

$$f(x) \equiv f(x_k) + \frac{x - x_k}{2a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$$

و ضرب السموأل مثلين رقميين ، لكن رشدى راشد اكتفى بعرض أسهل مثلين:

$$n=2, x=5, x_0=\frac{121}{25}, a=2$$

يكون التقريب الأول :

$$\sqrt{x} \equiv \sqrt{x_0} + \frac{x - x_0}{2a} \rightarrow \sqrt{5} \equiv \frac{11}{5} + \frac{1}{2}$$

و يكون التقريب الثانى :

$$\sqrt{x} \equiv \sqrt{x_1} + \frac{(x - x_1)}{2a}$$

$$\text{حيث : } x_1 = [f(x_0) + \frac{(x - x_0)}{2a}]^2 = [\frac{11}{5} + \frac{1}{2}]^2$$

و بالطريقة نفسها، يحصل على التقريب الثالث ، لاحظ رشدى راشد بالنسبة إلى $n=2$ أن العبارة :

$$f(x) \equiv f(x_k) + \frac{(x - x_k)}{2a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$$

$$\text{تقارب العبارة : } f(x) \equiv f(x_k) + \frac{(x - x_k)(fx_k) - f(x_k - 1)}{x_k - x_{k-1}}$$

وهذه العبارة ما هى سوى قاعدة حساب الخطأين وفى حالة $n>2$ استعويض عن العبارة

$$\frac{(fx_k) - f(x_k - 1)}{x_k - x_{k-1}} \text{ بالعبارة المكافئة: } 1/(na^{n-1} + R(a)) \text{ أى أ،ها صححت بـ "كمية" قيمتها المطلقة أكبر. أى}$$

$$\text{" بالكمية": } \frac{1}{2a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$$

ويرى رشدى راشد أن الرياضيين قد استنتجوا هذه الطريقة من " قاعدة حساب الخطأين". فالسموأل طبق

هذه القاعدة كغيرة من الرياضيين من مدرسة الكرجى. وكان اختيار " الكمية" الأخيرة قد قام على تعميم لهذه

الطريقة. وقارناها بالطريقة التقليدية : $[f(x)f(x_k)+(x-x_k)/2f(x_k)]$ ومع أنها أبسطاً في حالة الجذر التربيعي، اتضح له أنها سيئة في حالة الجذر الميمي . تظهر هذه الطريقة التكرارية، هنا، للمرة الأولى. ويقترح "بحث" السموأل طرقاً أخرى، لتحسين التقريب المعروف في الحالة الخاصة للجذر التربيعي والجذر التكعيبي عند الحسابين لمدرسة الكرجي كالأقليدسي ، تمثيلاً لا حصراً، وأبى منصور البغدادي وغيرهما من الحسابيين. إن صياغتهم العامة المنسوبة إلى الكاشي تعود إلى القرن الثاني عشر الميلادي.

ثالثاً : ابتكار الكسور العشرية

لا بد من التفريق، في 'مستهل الكلام على الكسور العشرية والكشف عنها، بين الكسور العادية، وبين العرض النظري والمفصل للتمثيل العشري للكسر. وفي هذه الحالة الأخيرة وحدها -العرض النظري والتفصيلي للتمثيل العشري للكسر- أمكن رشدي راشد أن يحدد معنى الكتابة الرمزية لدى الرياضيين والتأكيد بأنه قد اختار هذه الكسور لنفسها اختياراً مقصوداً. وبسبب عدم مراعاة هذه القاعدة الأولية، فإن بعض المؤرخين -جورج سارتون وأحمد سليم سعيدان، تمثيلاً لا حصراً- لمسألة رشدي راشد هذه قد اتجه وجهات عشوائية للكشف عن ابتكار الكسور العشرية. مع أن رشدي راشد قد حدد تاريخ الكشف ووجوده.

وحيث انطلق رشدي راشد من الرياضيات العربية في القرن العاشر الميلادي حتى القرن الثاني عشر الميلادي، وعندما اقتصر على عمل السموأل، باستثناء بحثه (١١٧٢) ، فهو كشف في الحالتين - الرياضيات العربية في القرن العاشر الميلادي وحتى القرن الثاني عشر الميلادي، وعمل السموأل باستثناء بحثه (١١٧٢)- عن تطبيق للكسور العشرية لا يفترض الكسور العشرية ككسور. كشف رشدي راشد النقاب في مختلف الأبحاث الحسابية العربية منذ نحو القرن العاشر الميلادي، عن قاعدة لتقريب الجذر الأصم المربع والمكعب. وكانت هذه القاعدة تسمى في تلك الحقبة باسم "قاعدة الأصفار". إن الصياغة العامة لهذه القاعدة

$$\text{وردت في بحث السموأل كما أوردها رشدي راشد على النحو التالي: } \frac{(a \cdot 10^{nk})^l}{10^k} \quad k = 1, 2, \dots, (a)_n^l$$

شمل التقريب حسب هذه القاعدة بالضرورة الكسر العشري. ومن هنا أراد مؤرخ مثل جورج سارتون أن يُدخل إلى تاريخ الكسور العشرية الرياضيين الذين طبقوا هذه القاعدة ولم يقعدوها. فليس هناك ما يؤكد أن الرياضى في أثناء إجراءات هذه الطريقة امتلك التمثيل العشري للكسر ، وقد حولها أحياناً إلى كسر سيني. فالأقليدسي، تمثيلاً لا حصراً، قد أورد في بحثه الحسابي في عام ٩٢٥ "قاعدة الأصفار" في حالات الجذر التربيعي للعدد ٢ ، لتحويل الحاصل مباشرة إلى كسر سيني. وكشف رشدي راشد عن استخراج الجذر التربيعي للعدد ٥ في بحث حسابي آخر، كتبه البغدادي (المتوفى عام ١٠٣٧) تحت عنوان "التكملة في

الحساب". فالطريقة نفسها يتبعها رياضي من القرن الحادي عشر الميلادي، هو النسوي في كتابه المسمى باسم "المقنع". ومع أن الرياضي يلجأ إلى الكسور العشرية في مجال خاص، فإنه يحولها إلى كسور ستينية ولا يهتم تماماً بتحديد الكسور العشرية. و ذكر السموأل بقاعدة الأصفار ويطبقها على استخراج الجذر التربيعي للعدد ١٠٢٠ ، فيحصل أولاً على ٣١ زائد تسعمائة وسبعة وثلاثين جزءاً من الألف، تختزلها [...] ويكون الجواب ٣١ زائد نصف ، زائد خمسين ، زائد خمس من عشر ، زائد خمس من عشر من عشر ، وهذا هو الجذر التربيعي للعدد ١٠٢٠ حيث لا يذكر الفرق.

إن أحدا لم يدرك التمثيل العشري للكسور إدراكاً فعلياً. ولم يكشف المؤرخ عن النظرية إنما عن التطبيق.

٣-١- مدرسة الكرجي : السموأل

في البحث (١١٧٢) تحديداً ، أمكن رشدي راشد أن يلاحظ تطبيقاً للكسور العشرية. لكن العرض النظري للسموأل ، لا يظهر إلا في نهاية الكتاب (١١٧٢)، فهو يعرض لطرق ومسائل التقريب التي سبق أن وصفها رشدي راشد من قبل. فإن مسائل التقريب تشكل، كما لاحظ رشدي راشد، التوسيع المباشر للمسائل السابقة على مسائل التقريب. اقترح السموأل تحسين طرق التقريب. هذا هو إذن سياق الكسور العشرية في كتاب "١١٧٢". كان هدف السموأل هو "وضع أصل واحد تحدد به جميع أعمال التفريق التي هي القسمة والتجذير والتضليع، لجميع هذه المراتب وتصحيح الكسور الواقعة في هذه الأعمال بغير نهاية".

قصد السموأل بعبارة "تصحيح الكسور بغير نهاية"، حسب تفسير رشدي راشد، منح الكسور بغير نهاية شكلاً يمكنها من أن تصبح قابلة للحساب كالأعداد الصحيحة وأن يكون تصحيح التقريبات بشكل لا نهائي للعمليات كافة تصحيحاً ممكناً.

يمثل هذا العنوان وحده -"في وضع أصل واحد تحدد به جميع أعمال التفريق التي هي القسمة والتجذير والتضليع لجميع هذه المراتب وتصحيح الكسور الواقعة في هذه الأعمال بغير نهاية". - مشروعاً كاملاً. فنظرية الكسور العشرية هي حل تقني لمسألة التقريب على المستويين النظري والعملي. من هنا أمكن رشدي راشد أن يسجل :

(١) بدأ السموأل بإثبات النسبة : $1:10=10:100=100:1000$ وهكذا دواليك إلى ما لانهاية؛

(٢) ضع السموأل إشارة الصفر تحت مرتبة الأحاد.

(٣) تكمن فكرته إذن في تحديد مفهوم قوة كمية ما إلى مقلوبها . وبدقة أكثر، مفترضاً أن $l=100$ ، وأن:

$$1:\frac{1}{1}=\frac{1}{1}=\frac{1}{10}$$

(٤) الحساب هنا هو نفسه بالنسبة إلى الكميات الجبرية عامة والأمثلة التي يعطيها فيما بعد تعزز بشكل كاف هذه الإشارة. ونلخص ذلك بالقول إن المقصود بالحقيقة ومنذ أن افترض أن $l=10^\circ$ وأن تطبق القواعد العامة الناتجة عن الحساب الجبري للقوى. ومن الآن فصاعداً فكل عدد حقيقي له تمثيل عشري محدود أو غير محدود .

عم السموأل إذن مشروعه. وصاغ مبدأً وحيداً لتصحيح التقريبات بشكل غير منته. وهنا أمكن رشدي راشد تفسير هذه النظرية من خلال توسيع مفهوم قوة جبرية لكمية ما إلى مقلوبها. لقد بين رشدي راشد من قبل أن توسيع هذا المفهوم للقوة الجبرية هو من عمل مدرسة الكرجي. وقد توسل رياضيو مدرسة الكرجي بهذه الوسيلة لتطبيق عمليات الحساب الأولى على متعددات الحدود وتحقيق مشروع الكرجي. لكن مشكلة هذا التوسيع الجوهرية والتي تمكّن السموأل تحديداً من حلها، كانت في صياغة القوة المعدومة : $x^0=l$ حيث x^0 . وباجتياز هذه العقبة كان بالإمكان تحديد قاعدة تكافئ :

$$x, x^2, \dots \text{ و } \frac{1}{x}, \frac{1}{x^2}, \dots \text{ وحسابه لـ } \frac{1}{x^n} \text{ حيث } n, n \in \mathbb{Z}$$

يعتمد على عد n مرتبة باتجاه الوحدة إنطلاقاً من المرتبة n ، وكذلك حساب لـ $x^n \cdot x^n$ وبعده كذلك لـ n' مرتبة ولكن باتجاه معاكس للوحدة. هذه القاعدة تعني فعلياً معالجة القوى من نوع $1/x^n$ مثل x^{-n} وجمع القوى جبرياً.

وبفضل ترميز الجداول وضع السموأل من جهتي x^0 المتتاليتين :

$$m, n \in \mathbb{Z} \text{ حيث } x^m x^n = x^{m+n}$$

إن هذا التصور، حسب تفسير رشدي راشد، هو شرط إمكان تطبيق العمليات الحسابية الأولية على العبارات الجبرية من نمط :

$$f(x) = \sum_{k=-m}^n a_k \cdot x^k \text{ حيث } m, n \in \mathbb{Z}$$

إن هذا التصور كان شرط إمكان تطبيق العمليات الحسابية الأولية على العبارات الجبرية من نمط متعددات الحدود، بخاصة. أسست هذه النتائج، بدورها ، لإعداد نظرية الكسور العشرية. فى أفق الكرجى وتمديدات السموأل ، كان يكفى السموأل أن يستبدل x بـ 10 . وهذا ما استبدله السموأل للتوصل إلى جدول الكسور العشرية ، واعتماد الكتابة المستعملة فى حالة متعددات الحدود بالمعنى العريض ، وللحصول على تمثيل عشرى لأى عدد جبرى ، واستطاع أن يطبق على هذه التمثيلات، العمليات المعدة سابقاً لمتعددات الحدود بالمعنى العريض للحصول مرة واحدة على قواعد حساب الكسور. من هنا كان ابتكار هذا الجبر ضرورياً للتعبير العام عن الكسور العشرية. بعد أن توصل السموأل إلى هذه المرحلة من عرضه للكسور العشرية، واجه مسألة الكتابة الرمزية لهذه الكسور ودرسها، بالتالي، بطريقة غير مباشرة ، وقد توافق حل هذه المسألة كما أشار رشدى راشد من قبل، مع ابتكار الكسور العشرية. لكن هذا التدوين ، رمزياً كان أم لفظياً، كان يقضى بالاستجابة لتحديين:

١- إمكان التمثيل العشرى المحدود أو الغير المحدود لأى عدد حقيقى معروف ؛

٢- يتعلق دمج مجموعة الكسور العشرية بتطبيق مختلف عن التطبيق الحرفي.

كان شرط إمكان التدوين هو الاختبار فى الكسور العشرية تبعاً لنظام التدوين الجبرى. ولم يدع رشدى راشد دراسة التدوين الجبرى فى عصر السموأل ، إنما ذكر بأن أداة التعبير عن الجبر كانت الكلام بصورة أساسية. لكن حلت "طريقة الجداول" محل غياب التدوين الرمضى جزئياً. ومبدأ ذلك بسيط ، إذ تدون كلامياً فى سطر أول ، القوى المختلفة " x " ، حيث $n \in Z$ ، وتكتب المعاملات على سطر ثانٍ تحت الأول فى كل عملية ، وتقع مجموعة قواعد لإضافة سطور إضافية وإزاحتها. وإذا كان هذا "الترميز" للجداول مرهقاً، إلى الآن، فقد كان شرط تنفيذ جميع العمليات الجبرية على متعددات الحدود بالمعنى العريض للكلمة. وعاد اتصال هذه الطريقة فى التدوين، عند رياضيين لاحقين ، أمثال فيات وواليس، إلى فعاليتها النسبية.

فالسموأل يضرب أمثلة تؤكد تحليل رشدى راشد. فهو يطبق على الكسور العشرية العمليات نفسها التى يجريها على الأعداد الصحيحة المكتوبة بشكل عشرى من دون تأسيس.

وننتج عن ذلك كمثال أول قسمة العدد 210 على 13 ، إذ يشير السموأل أولاً إلى امكان الإتصال فى هذه القسمة إلى غير نهاية. ويستعيد رشدى راشد عباراته نفسها، إذا أردنا متابعة العملية "مهما شئنا من المراتب". وهذا التدوين الذى أورده رشدى راشد كما لاحظ إلى المبدأ التالى : عزل الجزء الصحيح وتمثيل الجزء الكسرى وفقاً للتقنية التى يستعملها السموأل فى جبره لتمثيل متعددات الحدود. لكن إذا كان هذا التدوين يؤسس

لحساب بالجدول فإن التلّفظ به صعب ، وبالتالي فإن إمكاناته العملية محدودة. وعدل السموال التدوين بالاتجاه الذى أشار إليه رشدى راشد. هذه التعديلات تؤكد على تتابع المراتب لا على التعبير، أى تؤكد على أجزاء العشرة ، أجزاء المائة ، أجزاء الألف... الخ. هذا التحسين يظهر فى مثله الثانى ، أى فى استخراج الجذر التربيعى للعدد 10.

فقد أراد السموال، حسب تفسير رشدى راشد، أن يظهر تتابع المراتب ورتبة كل واحدة منها وذلك بتكرار التعبير نفسه مرات عدة ويمكن الاستعاضة عن الكتابة المثقلة : "أجزاء العشرة ، أجزاء المائة، أجزاء الألف... الخ" بالتدوين بطريقة مكافئة :

$$\begin{array}{cccccccc} 10 & 10^{\circ} & \frac{1}{1} & (\frac{1}{1})^2 & (\frac{1}{1})^3 & (\frac{1}{1})^4 & (\frac{1}{1})^5 & (\frac{1}{1})^6 \\ & 3 & 1 & 6 & 2 & 2 & 7 & 7 \end{array}$$

هكذا توجد المرتبة n مدموغة بالتكرار n مرة للتعبير : "عشر" . مع ذلك فقد ظلت المسألة قائمة عند التلّفظ بمثل هذا العدد. ولكى يحل السموال هذه المسألة استوحى من كتابة للكسور العادية كانت مستعملة فى ذلك الوقت ، فحمل الجزء الكسرى للمقام نفسه وهكذا توصل إلى التدوين النهائى التالى :

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & 3 \\ & & & & & & 7 \\ & & & & & & 0 \\ 1 & 1 & 6 & 2 & 2 & 7 & 7 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

و الذى يُقرأ : 3 وحدات زائد 16227 من 1000 000 . ويفضل هذا التدوين، حسب ما يفسر رشدى راشد، ومع مراعاة مبدأ التفريق بين الجزء الصحيح والجزء الكسرى، يصل الرياضى إلى عدد يقبل التلّفظ به.

إن الهدف من نظرية الكسور العشرية، تبعاً للسموال، كان ، إذن، تطبيق القسمة ، استخراج الجذر الميمى للكسور، بالطريقة نفسها التى تجرى على الأعداد الصحيحة ، وبالتالي تيسير الصحيح الغير المحدود للتقريب. إذن نهضت نظرية الكسور العشرية لدى السموال فى سياق مسألة استخراج الجذر الميمى لعدد ما ، عدا مسائل التقريب. ثم عاد رشدى راشد إلى أسلاف مدرسة الكرجى كى يبين أن أول عرض لهذه النظرية كان عند رياضى مدرسة الكرجى.

٣-٢- ظاهرة الإقليدسى (٢٥٩)

اعتقد المؤرخون المحدثون أن بإمكانهم تحديد مكانة خاصة للإقليدسى فى تاريخ الكسور العشرية. ألم ينسبوا إليه اكتشاف هذه الكسور كما نسب أحمد سليم سعيدان ؟ أ لم يؤكدوا أنه استعملها "كونها كسوراً" وبأنه "قدّر أهمية التدوين العشري"؟ قدّر بعض المؤرخين أنهم قرعوا فى بحث الإقليدسى شرح الكسور العشرية وتطبيقها. ووضع الإقليدسى فى غير مرة فى "بحثه" مسائل خاصة يحلّها بالكسور العشرية. ولقد عرضنا من قبل لقاعدة الأصفار التى أسست لحل استخراج الجذر التربيعى والتكعيبي. كانت المسألتان الأخريان هما :

١- تكرار زيادة - أو إنقاص - عدد معطى بمقدار عُشره - قدر ما نشاء من المرات .

٢- قسمة عدد مفرد عدة مرات إلى نصفيه وكذلك إجراء العملية العكسية.

ليس هناك ما يدل في بحث الإقليدسى على الكسور العشرية. وهو لا يقدم، حسب رشدى راشد، عرضاً عاماً يضاهى عرض السموأل. درس الإقليدسى مسألة زيادة عدد بمقدار عُشره خمس مرات. من هنا ظهر الوهم عن ظهور ما للكسور العشرية في الإقليدسى. لكن رشدى راشد أشار إلى ضرورة التفريق بين القسمة العادية بهذه أو تلك من القوى [العدد الصحيح الموجب للعدد 10] وبين الكسور العشرية ، ومعرفة توسيع مفهوم المنزلة وبالتالي المعنى الدقيق للإشارة المستعملة. لم يصُغ الإقليدسى فكرة إتمام متتالية قوى العشرة بمتتالية قوى مقلوبها ، بعد أن حدّد القوة المعدومة. أعاد الإقليدسى العدد نفسه واختزله إلى منزلة واحدة. وحمل الكسر إلى منزلة الأحاد. ودل على هذه المنزلة بإشارة. وتعلقت إعادة العدد نفسه -مخفضاً إياه منزلة واحدة- بعملية إنقاص المنزلة. ولم يبتكر الإقليدسى، إذن، الكسور العشرية. لقد كان يعوزه جبر متعدّدات الحدود. كانت مساهمة الإقليدسى إذن إرهاباً لتاريخ الكسور العشرية بينما كان بحث السموأل المغربى قد شكّل الفصل الأول من تاريخ الكسور العشرية.

٣-٣- الكاشي^(١٨) (٧٣٤١-٦٣٤١)

تتبع رشدى راشد سياق عرض السموأل خلال القرنين ونصف القرن -الفترة التى تفصل السموأل والكاشي- كى يدرس التغيرات التى طرأت على الكسور العشرية. توقف عند الكاشي بوصفه واحداً من أتباع السموأل المعروفين الذى استعاد عرض الكسور العشرية واستعمالها. بينما كشف المؤرخ فى البحث (١١٧٢) للسموأل عن ورود "الكسور العشرية"، فهو كشف عنها تحت اسم "الكسور العشرية" فى كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي. درس رشدى راشد، إذن، كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي. استخدم الكاشي الكسور العشرية ، وقصد بذلك "البحث فى محيط الدائرة". وفى بحثه عن محيط الدائرة - الرسالة المحيطية - استخدم الكاشي الكسور العشرية لتقريب العدد π . وتوصل الكاشي فى بحثه إلى تقريب دقيق للعدد π بإجرائه الحساب بحساب محيط متعدد الأضلاع المحاط والمحيط بالدائرة. لكنه قدم أولاً تقريباً للعدد 2π حسب الترقيم الستينى. وأراد الكاشي تحويل التمثيل السابق إلى كتابة عشرية، ولما كان المحيط ستة أمثال نصف القطر وكسر بلغه إلى التاسعة فأخذ ذلك الكسر من مخرج هو عشرة آلاف مكررة خمس مرات $[10^6 = 10 \times 1000^5]$ لأن جزءاً واحداً منه لا يزيد على تاسعة واحدة بنصف عشرة. إن هذه العبارة الأخيرة - لأن جزءاً واحداً منه لا يزيد على تاسعة واحدة بنصف عشرة- هى التى توفّق بين عدد الأرقام فى النظامين : الستينى والعشري. وهكذا قدم الكاشي :

هذه هي الحالة العامة المتبقية من المقطع المخصص للكسور العشرية في "بحث محيط الدائرة". وتفسيره، حسب رشدی راشد، هو التالي :

$$2\pi = 6,283 \ 185 \ 307 \ 179 \ 586 \ 5.$$

إن الاثنین اللذین فی آخر مراتب الكسور، عند الكاشي، هما بمنزلة الدقائق للستة الصحاح على أن عشر دقائق يكون واحدًا صحيحًا ، وسمى الكاشي هذه المرتبة بالأعشار والثمانية التي عن يمينها بمنزلة التواني وسماها بثنائي الأعشار والثالثة بعدها بمنزلة التوات وتسمى بالأعشار وعلى هذا بقياس حساب النجوم ، ولهذا أخذ الكاشي من مخرج مفرد واحد. وهذا المنهج في الحساب الهندي مما استبطنه الكاشي ووصفه في الجدول. وقد أورد الكاشي هذه الأرقام ماراً من اليسار إلى اليمين. ولم يقصد الكاشي الكسور العشرية بل قصد الكاشي التمثيل العشري لـ 2π على وجه الدقة. طبق الكاشي، إذن، ما كان معروفاً من قبل. لكن نص الاقليدس الثاني يعرض لفكرتين كانتا غائبتين عن البحث (١١٧٢) للسموأل، وبالتالي ينطويان على أهمية كبرى في تاريخ عرض الكسور العشرية:

(١) التماثل بين نظامي الكسور : النظام الستيني والنظام العشري ؛

(٢) استعمال الكسور العشرية لا في تقريب الأعداد الجبرية الحقيقية وحسب، بل في الأعداد الحقيقية كذلك، مثل العدد : π .

ولم يقتصر كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي على شرح استعمال الكسور العشرية الذي بحثه في إطار محيط الدائرة بل تعداه إلى استعادة العرض بشكل عام. وقدم الكاشي نسبة المحيط إلى القطر في رسالته المسماة باسم "الرسالة المحيطية"، وبلغ الكاشي الكسور إلى التاسعة، أراد أن يحولها إلى الأرقام الهندية لئلا يعجز المحاسب الذي لم يعرف حساب المنجمين. فالمقصود، إذن، هو تقديم نظام كسور أسهل لحل عمليات النظام الستيني. من هنا مائل الكاشي بين النظامين -النظام الستيني والنظام العشري- على مستوى العمليات وعلى مستوى التصورات. وتؤكد التماثل منذ سموأل. تقتصر الكتابة نفسها للنظامين الستيني والعشري على أساسين لكتابة صالحة لأي أساس. استعمل المنجمون، حسب ما عبر الكاشي، كسوراً معطوفة على أن مخرجها المتوالية هي ستون ، ومضلعاتها المتوالية إلى حيث شاءوا ، وتركوا ما بعدها 60^k حيث k مطلق عدد ثابت / وسموها على التوالي بالدقائق والتواني والثوابت والروابع. وأورد الكاشي، على قياس المنجمين، كسوراً كانت مخرجها المتوالية عشرة، ومضلعاتها المتوالية إلى حيث شئنا ، وسماها على التوالي بالأعشار ،

وثاني الأعداد وثالث الأعداد ورابعها وهلم جرا. ففي النظام الستيني نرفع المراتب بمقدار الستين ومرتبة الدرجات هي المتوسطة بين متاليتين واحدة "متزايدة" وأخرى "متناقضة". والتمثيل مشابه في النظام العشري شرط استبدال بالعشرة والدرجات بالآحاد. وكان الكاشي قد عرض الفكرة نفسها لأى أساس a . إن المماثلة عند السموأل غير صريحة، بينما صاغها الكاشي بوضوح. فإن مستوى فهم الكسور العشرية، في حالة السموأل كما في حالة الكاشي ، هو نفسه. إن ما توكده المماثلة في الكسور العشرية هو وجود يتخطى حدود مجال تقريب الأعداد الحقيقية الجبرية. وأجرى الكاشي في كتابه "مفتاح الحساب" حسابات مشابهة على قياس المساحات : المضلعات والدوائر ومقاطع الدائرة ... الخ . وكان يلجأ إلى تدوين مشابه لتدوين السموأل. إذن لا يمكن اعتبار الكاشي مبتكر الكسور العشرية. مع ذلك ، قطع الكاشي في عرضه شوطاً يفصله عن السموأل، وشكل بعداً مهماً في تاريخ الكسور العشرية. فإن تقليد الكرجي استطاع المحافظة على بقائه في عمل الكاشي. وأجرى تقى الدين بن معروف (المتوفى عام ١٥٨٥ - ١٥٨٦) حساب الجداول العشرية لجيب الزوايا وظلها. حتى القرن السابع عشر الميلادي، ذكر الرياضيون أمثال اليزدي (المتوفى عام ١٦٣٧ تقريباً) كتاب "مفتاح الحساب" والكسور العشرية كما عرض لها الكاشي. واليزدي، مع إلمامه بهذه الكسور ، لجأ في حساباته ، كما في فصوله النظرية عن الكسور ، إلى الكسور العادية والكسور الستينية.

وأثبت المؤرخون منذ عام ١٩٦٣ أن الرياضيين في الغرب كانوا يعرفون نتائج العلماء العرب في الكسور العشرية. وأثبت المؤرخون أن الأتراك أجروا الضرب والقسمة على الكسور وفقاً لطريقة خاصة في الحساب وأدخلوا كسورهم عندما حكموا بيزنطة. وفشل الهنود في التوصل إلى نظام الكسور العشرية الخاص، وكان الكاشي أول من اعتمد هذا النظام اعتماداً فعلياً في الحساب. وكانت بداية هذه المعرفة الفارسية التركية في بيزنطة. أعاد المؤلف البيزنطي إنتاج جزء من المعرفة العربية خلال القرن الخامس عشر الميلادي في شكل غير تام. ربما كان على معرفة بأعمال أحد أتباع الكاشي. مع ذلك يرد استعمال الخط العمودي الذي يفصل الجزء الكسرى - طريقة الكاشي - في النصوص الغربية السابقة لعام ١٥٦٢ وهو تاريخ وصول المخطوطة البيزنطية إلى فيينا، وهي الكتابة نفسها التي يلجأ إليها رودولف (Ch. Rudolf) وأبيان (Apian) وكردان (Cardan). ومن جهة أخرى استعمل الرياضى ميزراحي (المولود في القسطينطينية عام ١٤٥٥) الإشارة نفسها قبل رودولف. وظلت الصياغات المختلفة لنظرية الكسور العشرية وصياغات رشدي راشد ، وصياغات فيات وستيفن وغيرها من الصياغات، جميعاً بعيدة عن التطبيق الرياضي. وكان إعداد الدوال اللوغاريتمية لدى ناپيه (Napier)، بخاصة، أساس دخول الكسور العشرية إلى المخطوطات التطبيقية. وخلال القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى، ظهرت تقارير وطرق ونظريات منظمة ومتماسكة دامت مدة قرنين ونصف القرن. وبرهن رشدي راشد أن تقارير الأعداد الحقيقية ، وطريقة روفيني - هورنر وطرق

التقريب وبصورة خاصة، الطريقة التي أشار إليها ويتسايد (*D.T. Whitside*) تحت عنوان "الكاشى - نيوتن"، ونظرية الكسور العشرية، كانت جميعها من عمل رياضى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى. وظهرت نظرية الكسور العشرية للمؤرخ فى أفق جديد. أدرك المؤرخ، بصورة جديدة، أسباب ابتكارها واتضح له جزئياً سبب تنحّيها جانباً وغيابها النسبى حتى توسيع الدالة اللوغاريتمية. وخلال القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى تشكل تقليد رياضى مهم هى مدرسة الكرجى ومشروع حسنة الجبر ، أو تشكيل الجبر وكأنه "حساب للمجهولات". واستدعى ذلك الشروع فى البحث فى الأخطاء التاريخية:

١- تعديل الوضع الزائف الذى ينسبه التأريخ التقليدى إلى الكاشى. فالكاشى ، من صلب مدرسة الكرجى. ينبغى إذن تصويب صورة الجبر العربى التى رسمها التأريخ التقليدى. لذلك عدل رشدى راشد جوهرياً الرؤية السائدة لبدايات الجبر العربية وانتقالها إلى الرياضيين الغربيين خلال القرون الوسطى وعصر النهضة؛

٢- مهدت أعمال مدرسة الكرجى حول عبارات متعددة الحدود، الطريق للبحث الجديد فى توسيع الحساب الجبرى كى يطبق الحساب الجبرى التطبيقات المثمرة فى مجال غير مجال الجبر ، ولكن بشكل جزئى وحسب، أى فى حدود الحسابيين السابقين لمدرسة الكرجى. كان الحسابيون يستخرجون الجذور التربيعية والتكعيبية ويمتلكون صياغات التقريب للقوى نفسها ، لكن الافتقار إلى حساب جبرى مجرد لم يؤد إلى تعميم طرقهم وخوارزمياتهم. من هنا كانت ضرورة تجديد الجبر فى مدرسة الكرجى. كان ذلك ضرورياً لتعميم الحساب الجبرى وتشكيل فصل من التحليل العددي لطرق حل "القوى البحتة" فضلاً عن طرق تقريب الجذور الموجبة. صحيح أن الجبريين - الحسابيين قد أدخلوا فى ذلك الوقت هذه الطرق من دون تأسيس نظري. من هنا ظهرت ضرورة تقليد الجبريين - الهندسيين مثل شرف الدين الطوسى كى تظهر أولى صياغات المسائل النظرية وبخاصة مسألة الجذور. هذا الاتجاه التطبيقي للجبريين - الحسابيين ظل حتى القرن السابع عشر الميلادى. وكان يشكل جزءاً من مشروعاتهم فى استخدام نتائج الجبر لاستعادة مجموعة مسائل كان الحسابيون قد قاربوها. لقد عادوا إذن إلى الحساب كى يكشفوا من جديد فى بعض فصوله عن الامتداد التطبيقي للجبر الذى جدده الحساب، وخلال هذه الحركة الجدلية، التى تمت بين الجبر والحساب ، بحث الرياضيون عن طرق جديدة أروها تكرارية وقابلة لأن تقود بطريق الإعادة إلى التقريبات.

عبرت التطبيقات العربية عن الجدل المزدوج الذى ساد الإنتاج الرياضى العربى فى القرن التاسع الميلادى وعلى مدار القرون السبعة اللاحقة. وقد لعب علم الجبر الدور الرئيس فى إعادة بناء العلوم الرياضية العربية:

الجدل بين الجبر والحساب من جهة، والجدل بين الجبر والهندسة من جهة ثانية. وأدى تطبيق الحساب على الجبر أو حَسْبَةِ الجبر نحو آخر القرن العاشر الميلادي وعند العالم الرياضى الكَرَجِي، إلى تشكيل جبر متعدد المخرج. من هنا فليس فى هذه الجدلية أى قَبْلِيَّة. كانت هذه الجدلية توسيعاً للأنظمة الرياضية كافة. وذلك بإرساء قواعدها من جديد وبتعميم تصوراتها أو طرائقها. صدر فصل "المعادلات العددية" عن الجبر الجديد وعن استحالة الحل الجبرى بالجزور للمعادلات التكعيبية فى ذلك الوقت. والجبريون الهندسيون أنشؤوا فصل "المعادلات العددية". ومنذ القرن التاسع الميلادى إذن تغير المشهد الرياضى وتراجعت آفاقه. امتد الحساب والهندسة الاقليديان. وصارت نظرية المخروطات ونظرية المتوازيات والنظرية الاقليدية فى الأعداد والمناهج الأرشميدية فى قياس المساحات ومشكلات تساوى المحيط، صارت هذه النظريات جميعها موضوع بحث علماء الرياضيات. من جهة أخرى ومن داخل الرياضيات الهندسية نفسها أصلح الرياضيون المناطق الغير هلنستية. وفى ألق المناهج الجبرية، درس الرياضيون الدوال الحسابية. وأبتدع الرياضيون قسماً جديداً فى النظرية الاقليدية للأعداد. من جهة ثالثة، صار كتاب "الأصول" لأقليدس الذى كان كتاباً فى الهندسة بالنسبة إلى أقليدس وبابوس وابن الهيثم، صار كتاباً فى الجبر بدءاً من القرن العاشر الميلادى. من كتاب فى الهندسة صار كتاباً فى التوسيع الجبرى المتناهى للجسم الجذري. من جهة رابعة صار البرهان الجبرى، عند العرب، أسلوباً جديداً فى البرهان فى الجبر المتعدد المخرج والتحليل التوافيقى ونظرية الأعداد الجديدة. كان البرهان الجبرى هو الأسلوب الذى توسل به العلماء، فى ذلك الوقت، للبرهان على خوارزميات الحلول الجبرية أو العددية للمعادلات. من جهة خامسة، ابتدع الرياضيون التحليل الموضعى من خلال الجدل، الذى سبق أن أشرنا إليه، بين الجبر والهندسة. من هنا ابتدع الرياضيون فى القرن العاشر الميلادى ترجمة مزدوجة :

١- الترجمة الجبرية لمشكلات المجسمات الغير القابلة للبناء بواسطة المسطرة والبرجل - التقسيم الثلاثى للزاوية والمتوسطين بعامة، وعمل المسبع فى الدائرة بخاصة. فى ذلك الوقت لجأ الماهانى والخازن والبيرونى وغيرهم من علماء الرياضيات والفلك إلى الترجمة الجبرية لتحديد أوتار بعض الزوايا لتشكيل جدول الجيوب؛

٢- الترجمة الهندسية للجبر. واجه عالم الجبر والهندسة أبو الجود بن الليث مشكلة حل المعادلة التكعيبية بواسطة الجزور. لجأ إذن إلى تقنية نقاط تقاطع المنحنيات. وقد كانت تلك التقنية معروفة لدى اليونان كما يؤيد ذلك القوهى وابن الهيثم. لكن الخيام (١٠٤٨-١١٣١ تقريباً) هو الذى أسس لهذه الترجمة المزدوجة. فقد قصد إلى تجاوز البحث الضيق عن شكل من أشكال المعادلة التكعيبية إلى صياغة نظرية فى المعادلات وبالتالي إلى صياغة نموذج جديد فى البحث. النظرية الجديدة هى نظرية المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة 3. درس الخيام إذن المعادلات الجبرية من

الدرجة الثالثة من خلال المخروطات لتحديد الجذور الموجبة. من هنا جدد الخيام العلاقة بين الهندسة والجبر. وتوصل الخيام إلى نتيجتين منسوبتين إلى رنيه ديكرت:

٢-١- الحل العام لمعادلات الدرجة الثالثة كلها من تقاطع مخروطين؛

٢-٢- قيام الحساب الهندسي على اختيار طول وحدة.

لكن على غرار متقدميه لم ينظر الخيام إلا في الخواص العامة للموضوعات المدروسة. ثم برهن شرف الدين الطوسي ، نصف قرن من الزمان، بعد الخيام، على نقطة التقاطع بين منحنيين مخروطيين حيث تحدد إسقاطها الجذر الحقيقي المطلوب. مما قاد شرف الدين الطوسي إلى وضع المشكلات في موضعها الدقيق - كان أول من ابتدع التحليل الموضعي - وفصل الجذور، كما قاده ذلك إلى تحديد معنى النهاية القصوى للتعبير الجبري بخاصة، وإلى تحديد معنى النهايات القصوى بعامة.

ج- المعادلات العددية

أولاً : حل المعادلات العددية والجبر

شرف الدين الطوسي ، فييت

١- الحساب العددي

كان فيات (Viète) هو البداية^(١٩) . أما هاريوت (Th. Harriot) ، واوجتريد (W.Oughtred) ودوشال (C.F. Dechaes) ، وبيل (Pell) وغيرهم، فقد حسنوا الطريقة بصورة أو أخرى. ودرسها نيوتن (Newton) بعد ذلك. وعدلها رافسون (J. Raphson). وما زالت تعرض حتى اليوم، في المصادر الأمريكية، تحت اسم نيوتن مقروناً برافسون J. Raphson: "نيوتن-برافسون". وسعى لاجرونج (Lagrange) ومواري (J.R. Mouraille) وفورييه (Fourier) إلى دراسة مشكلاتها. ووسّع روفيني (Ruffini) (1813) وهورنر (Horner) (1819) بشكل مستقل أبحاث فيات ونيوتن، وقد اقترحا خوارزمية أكثر عملية لاستخراج جذر معادلة عددية من أية درجة كانت .

إن مؤرخين للرياضيات أمثال مونتوكلا (Montucla) وهنكل (Hankel) وكانتور (Contor) وفيلانتر (Wieleitner) وكاجوري (Cajori) وترويفك (Tropfke) ... اعترفوا جميعهم بأسبقية فيات ، وعرضوا

تعديل نيوتن ، واستطاع البعض منهم وصف التحسين الذى أدخله بعد ذلك روفينى وهورنر. ومنذ بداية القرن التاسع عشر الميلادي، اعتمد لاجرونج الصورة نفسها. فقد كتب فى بحثه عن المعادلات العددية لجميع الدرجات (١٧٠٩) يقول إن فيات كان أول من درس حل المعادلات من أية درجة كانت. فقد بين كيف يمكن حلّ عدّة معادلات من هذا النوع بعمليات مماثلة لتلك التى تستخدم فى استخراج جذور الأعداد. وقد سعى هاريوت واوجتريد وبيل، وغيرهم من الرياضيين، إلى تسهيل تطبيق هذه الطريقة بتحديد قواعد إنقاص عدد تكرار التجريب، بحسب الحالات المختلفة، وبحسب علامات حدود المعادلات. لكن كثرة العمليات اللازمة والشك فى نجاحها فى عدد كبير من الحالات دفعت فيات إلى الانصراف عنها نهائياً. ويذهب لاجرونج أبعد من ذلك فيكتب : "و قد تبعت طريقة فيات طريقة نيوتن التى ليست فى الحقيقة سوى طريقة للتقريب".

كتب مونتوكلا يقول القول نفسه بضع سنوات بعد هذا الكلام : "من بين الاكتشافات التحليلية البحتة لفيات لابد لنا أن نصف طريقته العامة فى حل المعادلات التى تطول كافة درجاتها ، إذ لم يتصدّ أحد قبله لموضوع على هذه الدرجة من الاتساع. فمن تأمله فى طبيعة المعادلات العادية ، لاحظ فيات أنها ليست سوى قوى غير تامة، وأدرك أنه بالطريقة نفسها التى تُستخرج بواسطتها جذور القوى الغير التامة بالتقريب إلى أعداد ، بالإمكان استخراج جذر المعادلات ، مما يعطينا واحدة من قيم المجهول. ومن هنا فقد اقترح قواعد لهذه الغاية شبيهة بتلك التى تستخدم لاستخراج جذر القوة التامة ويمكن استخدامها بسهولة فى المعادلات التكعيبية. ولقد استعمل هاريوت نصف كتابه (*Artis Analyticae Praxis*) لتوسيعها ونجدها مشروحة عند اوجتريد وواليس (*Wallis*) وفى علم الجبر، لدى الرياضى م . دولانى (*M. De Lagni*). استخدمها واليس *Wallis* فى حلّ المعادلة من الدرجة الرابعة ودفع تقريبه حتى العُشر الحادى عشر.

تلك كانت الصورة التاريخية والتحليلية لمسألة الانطلاق من فييت. وقد احتل كل من روفينى وهورنر وغيرهما من رياضى الغرب فيما بعد مكانهم فى أعمال المؤرخين والرياضيين مثل يونج (*Young*) وبيرنسيدي (*Burnside*) وو يتاكر (*Whittaker*) وروبينسون (*Robinson*) وغيرهم. وبينما كانت هذه الصورة تتكرر من دون انقطاع حتى القرن التاسع عشر الميلادي، انتصف القرن العشرون بأبحاث كل من سيديللو (*Séddilot*) وويك (*Woepcke*) التى أعادت قراءة هذه الصورة التقليدية. فبدراستها للمعلومات التمهيدية للفلكيين والرياضيين العرب فى ضوء الجداول الفلكية لـ أولج بيج (*Olg-Beg*)، برهنا على طرق تقريب لحل المعادلات العددية ، وكانت هذه الطرق متعددة ومتقدمة. كذلك برهنا أنها كانت الطريقة الأولى للتقريب العددي المتتالي فى تاريخ الرياضيات بعامة.

من هنا ألقى اكتشاف سيديللو وبيكه ظلا من الشك حول الرواية التقليدية لتاريخ مسألة المعادلات العددية. ومع ذلك كان هذا الشك، بالنسبة إلى رشدى راشد، ضمنياً لأن النص الخاص بالرياضى شلبى (Shalabi) لا يحوى علاجاً منهجياً لمسألتنا المعنية، بل حالة خاصة عن حساب القيمة التقريبية لجيب $(\sin 1^\circ)$. ربما لهذا السبب مرّت أبحاث سيديللو ووبيكه مر الكرام. لكن هذا الرياضى يذكر الكاشى كأستاذة الجبرى من القرن الخامس عشر الميلادي. انصرف كل الانتباه إلى الكاشى. فى عام ١٨٦٤ أوحى هنكل ، من دون أن يتمكن من تأسيس حدسه، بأهمية الكاشى بالنسبة إلى تاريخ مسألة المعادلات العددية. كان تيتلر (J. Tytler) قد نوّه قبل هنكل بنصف قرن، بالأهمية نفسها.

و لم تهتز هذه الصورة التقليدية تماماً إلا فى عام ١٩٤٨ حين صدور دراسة بول لوكى (Paul Luckey) عن "مفتاح الحساب" للكاشى. برهن بول لوكى أن الكاشى لم يبتكر الكسور العشرية وحسب إنما امتلك الطريقة المسماة باسم طريقة روفينى - هورنر. وكانت معرفة تاريخ الرياضيات قبل الكاشى مجزأة. من هنا واجه لوكى ومؤرخو الرياضيات الذين اتبعوا خطاه، مشكلة التعيين التاريخى لموقع عمل الكاشى. إن تمييز نشاط الكاشى الجبرى بدقة ، أسس من دون شك لأنصافه تاريخياً. غير أن هذا الإنصاف تم بمعزل عن تحليل هذا النشاط ، ولم يحلل المؤرخ سوى النتائج. على أن رشدى راشد أنصف الكاشى من خلال تحليل هذا النشاط الجبرى بدقة، وحلل المقدمات التى أدت إلى النتائج.

فتاريخ الرياضيات، تبعاً لرؤية رشدى راشد، تاريخ النتائج الرياضية العائدة إلى العملية التى أنتجتها. لا يقتصر رشدى راشد على تحديد العلاقة بين وقائع متتابعة وانتقال لقضايا. من هنا فقد وضع رشدى راشد مسألة موضوعية كمسألة حل المعادلات العددية فى سياق العلوم التى تدرج ضمنها : أى الجبر والحساب. ومنذ العام ١٩٤٨ تحديداً بدأنا نشهد تحسناً نسبياً فى معرفة هو تاريخ هذه العلوم عند العرب. إن اسم الإقليدسى يؤسس لفهم أفضل لمساهمة الكاشى فى معرفة الكسور العشرية. واسم الكرجى وأسماء أتباعه أمثال الشهرزورى والسموأل كما سبق أن بينّ رشدى راشد، تثبت بدقة أن كتاب "مفتاح الحساب" ليس سوى نهاية مطاف لتاريخ طويل ولحقبة مكثفة فى الحساب والجبر. أمّا اسم الخيام واسم شرف الدين الطوسى - الذى بين رشدى راشد للمرة الأولى أهمية عمله الجبرى - فهما على أهمية جوهرية ليس بالنسبة إلى الجبر وحسب إنما بالنسبة إلى الهندسة الجبرية كذلك.

من هنا افترض رشدى راشد الفرضيتين التاليتين :

أ- إن عمل الكاشى - فى المعادلات العددية والكسور العشرية - هو التتويج للتجديد الذى شرع فيه من قبل جبريو القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى ؛

كانت مجموعتان من الأدوات النظرية والتقنية ضروريتين آنذاك لطرح مسألة حل المعادلات العددية :

١- كان هناك جبر منجز لمتعددات الحدود مع رفة بصيغة ذات الحدين بالنسبة إلى القوى الصحيحة الموجبة أيًا كانت تلك القوى، وخوارزميات مثبتة لاستخراج الجذور العددية وقابلة للتعميم ؛

٢- كان توسيع نظرية المعادلات يهدف إلى فهم معادلات غير معادلات الدرجة الثانية أو تلك التي يمكن ردها إليها؛

٣- كان هناك بداية لدراسة المنحنيات بواسطة الجبر لدراسة مسألة التقريب .

إذا كانت هذه الأدوات قد جمع بينها الرياضيون ، فذلك عاد إلى تيارين في القرن الحادي عشر الميلادي كانا يهدفان إلى تحديد الجبر وتوسيع مجاله :

١- تطبيق الحساب على الجبر ، وفي محاولات غير مباشرة توسيع مفهوم العدد ؛ إن أعمال الكرجي المتبوعة بأعمال أتباعه أمثال السموأل زودت المسألة التي نحن بصددتها بأول مجموعة من الأدوات التي سبق إحصاؤها؛

٢- التقدم بالجبر من خلال الهندسة. وقد قادت الدراسة الجبرية إلى المنحنيات، الأمر الذي أسس للهندسة الجبرية. وقد تميّز هذا التيار باسمي الخيام وشرف الدين الطوسي ، وشكل المجموعة الثانية من الأدوات المطلوبة ، وبفضل هؤلاء الرياضيين صار بالإمكان طرح مسألة المعادلات العددية كما بين رشدي راشد.

وافترض رشدي راشد أنه أمام مشكلة حل المعادلات من الدرجة الثالثة حلاً جبريًا ، بذل هؤلاء الرياضيون جهودهم لتأليف نظرية حول هذه المسألة. وكشفوا عن ضرورة البحث عن طرق أخرى للحل. فالعقبة النظرية لا تعوق طريق العلم وحسب إنما تؤدي -جدليا- دورًا كسفيًا ، من خلال تحديدها للمشكلة بدقة.

ب- كان الطوسي يمتلك طريقة ترتبط بها طريقة فيات بشكل أساس. فإن الصورة السائدة التي رسخها المؤرخون عدلها رشدي راشد. إذا كان بالإمكان مقارنة طريقة الكاشي بطريقة روفيني - هورنر فتبدو طريقة فيات وكأنها تسبق بالضرورة طريقة روفيني وهورنر. وكشف روفيني وهورنر عن طريقة الكاشي على أساس من رياضيات جديدة بالتحليل.

كتب الخيام (١٠٤٤-١١٢٣)، حسب ما يستشهد رشدي راشد، يقول إن للهند طرق في استخراج أضلاع المربعات والمكعبات مبنية على استقراء قليل، وهو معرفة مربعات الصور التسعة، عنى مربع الواحد والاثنين والثلاثة ... الخ. وكذلك مضروب بعضها في بعض ، عنى مضروب الاثنين في الثلاثة ونحوها. وقال إن له كتاب في البرهان على صحة تلك الطرق وتأديتها إلى المطلوبات. وقد عدد أنواعها ، عنى من استخراج أضلاع مال المال ومال الكعب وكعب الكعب، بالغاً ما بلغ ، ولم يسبق إليه ، وتلك البراهين إنما هي براهين عددية مبنية على عدديات كتاب "الأسطقسات". فإن البيروني (٩٧٣-١٠٥٠)، تبعاً لتفسير رشدي راشد، من رعيّل الرياضيين السابقين على الخيام ، قد ألف كتاباً عنوانه بالتحديد : "في استخراج الكعاب وأضلع ما وراءه من مراتب الحساب." وكان الخيام يمتلك طريقة لاستخراج الجذور من أية درجة كانت ، ولأن هذه الطريقة مبنية على مفكوك " $(a+b+...+k)$ " حيث $n \in N$ أو على معرفة بصيغة خاصة لمفكوك ذات الحدين وبقانون تشكيل جدول معاملاته . كان الخيام يمتلك طريقة لاستخراج جذور "القوى البحتة" وهي طريقة ستيفل (*Stifel*) وفيات في دراسة هذه القوى. ونظراً إلى غياب نصوص أخرى تستعيد أفكار الخيام بالعبارات نفسها أو بعبارات أخرى، فالاستنتاج الأخير -كان الخيام يمتلك طريقة لاستخراج جذور "القوى البحتة" وهي الطريقة نفسها الخاصة بستيقل وفيات المتعلقة بهذه القوى -يبقى افتراضاً. إلا أن هذا الافتراض يؤيده كتاب الطوسي، بالصمت أم بالطريقة التطبيقية.

تستند طريقة الطوسي، جزئياً، إلى معرفة بالمفكوك، الذي سبق أن نوّه به الخيام من قبل، فهي تبدو كتعميم لاستخراج جذر "القوى البحتة" حتى "القوى المقترنة". فإن الحالة العامة وحدها ، أي تلك المتعلقة بالمعادلات المقترنة التي درسها الطوسي ودراسة هذه الحالة ، تبدو كأنها تعميم لما سبق أن فكر فيه الخيام. كذلك سكت الطوسي عن مسألة $x^n = N$ حيث $n=2,3$. وذلك وكأن استخراج الجذر هذا كان في متناول أولئك الذين كانوا يدرسون الرياضيات في تلك الحقبة ، أما هو فقد استبقى لنفسه المسألة العامة للمعادلات المقترنة .

هل عمم الطوسي، إذن، بنفسه طريقة الخيام ؟ لا يدعى الطوسي نسبتها إليه. وليس هناك أي اسم في المخطوطة التي حققها رشدي راشد. ولا يكفي استعماله للجداول وحده ، في عرض طريقته ليدل على شيء مميز في الحدود التي جعلت حسابياً مثل كوشيار بن اللبان يستعمل جداول الطوسي لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبيّة منذ بداية القرن الحادي عشر الميلادي، بحيث أمكن رشدي راشد القول بأن طريقة الطوسي قد صيغت بعد الخيام ولكن قبل الطوسي أو لدى أحد هذين الرياضيين ، وفي تيار هذين الجبريين.

إن مسيرة الطوسي هي مناقشة الجذور لكل المعادلات أولاً ، ثم عرض حل المعادلة العددية المقابلة للمعادلة التي سبق أن نوقشت . وقد شرح رشدی راشد ، في مرحلة أولية ، نص الطوسي : $x^2 + a_1x = N$.

$$N = n_0 10^m + n_1 10^{m-1} + \dots + n_m \text{ حيث}$$

إن المراتب المقترنة بالجذور تحدد $\left[\frac{m}{2}\right]$ مجالا حيث $\left[\frac{m}{2}\right]$ هي الجزء الصحيح من $\left[\frac{m}{2}\right]$ ويقارن بـ k وهو المرتبة العشرية لـ a_1 . ولدينا حالتان :

$$\left[\frac{m}{2}\right] < k \text{ و } \left[\frac{m}{2}\right] > k$$

$$1- \text{ الحالة الأولى : } \left[\frac{m}{2}\right] > k , \text{ مثل } x^2 + 31x = 112992$$

(أ) نجزئ N إلى شرائح من رقمين بدءاً من اليمين. فإذا كانت مرتبة N تعادل m ، وهي هنا 5 فإن عدد الأرقام هو 6 وينتج عن ذلك أرقام ثلاثة للجذر x ونحصل على $r = \left[\frac{m}{2}\right] = 2$ وتكون بالتالي مرتبة x ممكنة.

إن مرتبة $a_1 = 31$ تعادل 1 و $r - k = 1$. فنضع في أسفل الجدول $10^2 a_1$ وفي مثلنا نضع $31 \cdot 10^2$.

(ب) نبحت عن آخر رقم للجذر وذلك بتعيين أكبر مربع تتضمنه آخر شريحة من العدد N - ليكن 9 هذا المربع - ونفرض $x_1 = 3 \cdot 10^2$. نضع في أعلى الجدول $(x_1)^2$ و $31x_1$ ونطرحها من N فنحصل على : $N - f(x_1) = N_1$ حيث $f(x_1) = (x_1)^2 + a_1x_1$

$$y^2 + (2x_1 + 31)y = N_1 : \therefore$$

(ج) نفرض $x = x_1 + y$ ونجد : $x_1^2 + y^2 + 2x_1y + 31(x_1 + y) = N$

(د) نجزئ N_1 بالطريقة نفسها التي جزأنا بها N ونجرى الأسلوب نفسه، وبذلك نحدد $r_1 = \left[\frac{m_1}{2}\right]$ حيث m_1 هي مرتبة N_1 . نعم الآن بحد الطرف الثاني ونضع في أسفل الجدول : $(2x_1 + 31)10\left[\frac{m_1}{2}\right]$. نلاحظ أن الرقم الأخير لهذا العدد قد وقع تحت الرقم الأخير للعدد N_1 وأنه

أكبر منه. وبما أننا سوف نضيف إلى $y(2x_1+31)$ مربع y فإن حاصل جمعهما يبقى أكبر من N_1 ، نكون قد بينا إذن أن الرقم 3 الذى وجدناه ، هو آخر رقم للجذر.

نقوم بإزاحة مقدارها واحد ونبحث عن y ذات مرتبة تعادل $1-\lfloor \frac{m_1}{2} \rfloor$. ومرتبة y هنا تعادل 1 وفيما يخص المرتبة فإن : $a^2 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^2 a \cdot 10 = 10^4$ إذن $a^2 + 60x = 10^2$

نقسم إذن 130 على 60 أو 13 على 6 فنحصل على قيمة تقريبية لـ y تعادل x_2 وذلك بإهمالنا فى العدد N_1 لحدود y ذات المراتب الأعلى من 1 ونحصل بذلك على $x_2=20$

(هـ) نحمل إلى الجدول : $(x_2)^2$ و $(2x_1+31)x_2$ ونطرح الكل من N_1 . وهكذا نحصل على

$$N_1 - (x_2)^2 - (2x_1+31)x_2 = N_2$$

(و) نعاود الأسلوب ذاته بحثاً عن x_3 بحيث إن $x = x_1 + x_2 + x_3$

$$N = (x_1 + x_2 + x_3)^2 + 31(x_1 + x_2 + x_3)$$

$$N_2 = x_3^2 + x_3[(2x_1 + 2x_2) + 31]$$

نجزئ N_2 لشرائح من رقمين ونعين المرتبة m_2 وتعادل 2 ؛ $1 = \lfloor \frac{m_2}{2} \rfloor$ ، $m_2 = 2$. نتبين إذا كانت المرتبة

1 توافق x_3 . ونكتب فى أسفل $10[2(x_1+x_2)+31]$

يعاود رشدى راشد مقارنة المرتبة التى حصل عليها مع m_2 ، وكون العدد الحاصل هو أكبر من m_2 ، لذا يجد أن 2 هو الرقم الثانى للجذر. فحدّد إذن x_3 .

(ز) نزيل السطر الأخير فى أسفل الجدول ونبحث عن x_3 بمرتبة صفر . فنجد أن $x_3=1$.

$$N_3 = N - x_3^2 - [2(x_1 + x_2) + 31]x_3 = 0$$

أنشأ الطوسى جدولاً مجملًا - حذفه الناسخ - لكن رشدى راشد تمكّن من إعادة إنشائه طبقاً للوصف الكتابى للطوسى وأضاف، إلى جانب الجدول، رموزاً لما عبّر عنه الطوسى بكلمات.

$$2 - \text{الحالة الثانية : } \lfloor \frac{m}{2} \rfloor \leq k$$

وهى الحالة حيث $\lfloor \frac{m}{2} \rfloor \leq k$. لتحديد الرقم الأول من الجذر يلجأ الطوسى إلى قسمة N على a_1 أو إلى طرح المربع الأكبر، فإذا كانت القسمة تعطى الإشارة إلى هذا الرقم أحياناً ، فهى فى أحيان أخرى لا تعطى

أية إشارة. وبالنسبة إلى ما تبقى فالطريقة هي نفسها وتستعمل مع بعض التعديلات في حالة المعاملات السالبة. وهكذا بالنسبة إلى المعادلة : $x^2 + 578442 = 2123x$.

طبق الطوسى طريقته على المعادلة $x^2 + a_1x = N$ حيث $a_1 \in \mathbb{Z}$. هذه الطريقة تطول المعادلات التكعيبية الموضوع الأساسى لكتاب الطوسى دون تغيير فى الأفكار الأساسية أو تعديل ملحوظ فى مستوى العرض لنمط بعض الأمثلة : $x^3 + a_1x^2 + a_2x = N$

وميز شرف الدين الطوسى ثلاث حالات :

الحالة الأولى:

حيث $\left[\frac{m}{3}\right] > \left[\frac{k_2}{2}\right]$ و $\left[\frac{m}{3}\right] > k$ حيث k_1 و k_2 هى بالتتالى مراتب a_1 و a_2 .

مثال : $x^3 + 12x^2 + 102x = 34345395$

المناقشة هى من نوع المعادلة من الدرجة الثانية، المقصود نقل المناقشة السابقة للحالة حيث $n=3$.

الحالة الثانية :

حيث $k < \left[\frac{k_2}{2}\right]$ و $\left[\frac{m}{3}\right] < \left[\frac{k_2}{2}\right]$ حيث k_1 و k_2 هى بالتتالى مراتب a_1 و a_2

مثال : $x^3 + 6x^2 + 3000000x = 996694407$

الحالة الثالثة

$\left[\frac{k_2}{2}\right] < k_1$ و $\left[\frac{m}{3}\right] < 1k_2$

مثال : $x^3 + 30000x^2 + 20x = 3124315791$

الطريقة هى مع هذا التعديل البسيط المفروض بسبب الشروط التى وردت من قبل. يقترح الطوسى أن نقسم هنا بـ "عدد المربعات" (معامل x^2) للحصول أولاً على الرقم الأول للجذر أو كما يكتب : "نضع [فى الجدول] عدد المربعات كما المقسوم عليه والعدد كما المقسوم، نستخرج المعامل ونعرف درجته". ولكى يبين رشدى راشد أن الطوسى طبق طريقته على دالة متعددة الحدود ذات المعاملات الصحيحة أخذ كمعادلة أخيرة : $x^3 - a_1x^2 - a_2x - c = 0$

ولن تعالج سوى الحالة الأولى حيث $\left[\frac{m}{3}\right] > k_1$ و $\left[\frac{m}{3}\right] > \left[\frac{k_2}{2}\right]$

هذه الأمثلة المختلفة تظهر عموم طريقة الطوسى وإحكامها. ومع أن هذه العمومية مضمونة، أمكن رشدى راشد إدراك مغزاها. هل أدى الورود الضمنى لمفاهيم على درجة من الأهمية مثل "المشتق" بالمؤلف الى الاقتصار على الإشارة من دون التصريح ؟ يبقى المفهوم بحده عدا طريقة عرضه مسألة تبحث عن حل أكثر من كونها وسيلة للحل كما سوف نرى :

$$(1) x^3 + a_1 x^2 + a_2 x = N$$

كتب الجذر بالصورة التالية : $10 + y \beta x = a 10^2 +$

حدد الطوسى بالتالى كلا من : $y \beta a$,

دالة المتغير الحقيقى هي $f(x) = x^3 + a_1 x^2 + a_2 x$

إن المقارنة بين المرتبة العشرية للجذر المطلوب ومراتب معاملات (1) تؤسس لاختيار معاملات مختلف الأرقام الخاصة بالجذر. إن تحديد هذه الأرقام بالمعنى الدقيق والآلى إلى حد ما يحصل بالطريقة التالية : يتم تحديد $x_1 = a 10^2$ وفقاً للحالة ، إما بالقسمة ، أو بالبحث عن أكبر مكعب يتضمنه N . نكتب $x = x_1 + x_2$ ونسعى لتحديد x_2 . ويكون لدينا وفقاً لـ (1) $N = f(x_1 + x_2) = f(x_1) + N_1$ ، وتحدد $N_1 = (3x_1^2 + 2a_1 x_1 + a_2) + (3x_1 + a_1)(x_2)^2 + (x_2)^3$ طبقاً لاختيار x_1 ويحصل الطوسى على قيمة تقريبية x_2' لـ x_2 ، وبإهمال الحدود ذات المراتب الأعلى من 1 فى N_1 يحصل على :

$$(2) \dot{x} = \frac{N_1}{3x_1^2 + 2a_1 x_1 + a_2} = \frac{N_1}{f'(x_1)}$$

f' هي الدالة المشتقة من f ، نكتب الآن : $x = ((x_1 + x_2') + x_3)$ ونسعى إلى تحديد x_3 .

$$N_2 = N - f(x_1 + x_2') = 3(x_1 + x_2')^2 x_3 + 2a_1(x_1 + x_2')x_3 + a_2 x_3 + 3(x_1 + x_2')(x_3)^2 + (x_3)^3$$

وبعبارة أخرى، الطريقة عامة وإذا ما كان الطوسى قد طبقها على المعادلات من درجة أقل أو مساوية لثلاث فقط ، فذلك ضمن الحدود التى تتناول تكوين نظرية هذه المعادلات. إن الحالة العامة لا تتطلب مفاهيم أخرى مجهولة من قبل المؤلف . لتكن إذن المعادلة التالية :

$$(3) x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x = N$$

$$f(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x$$

إن الدالة قابلة للإشتقاق عدة مرات ككل الدوال التى درسها الطوسى. وبإمكاننا معرفة المجال الذى ينتمى إليه الجذر، ليكن $x \in [10^r, 10^{r+1}]$. يكون لـ x الشكل التالى $e_0 10^r + e_1 10^{r-1} + \dots + e_r$ بحيث إن

$$r = \left\lfloor \frac{m}{n} \right\rfloor \text{ وحيث } m \text{ هو المرتبة العشرية لـ } N .$$

نحدد x_1 كما ورد أعلاه أى إما بالقسمة أو بالبحث عن العدد الصحيح الأكبر للقوة n المتضمنة فى N .

∴ $N_1 = N - f(x_1)$ و $x = x_1 + x_2$ و $N_1 = g(x_2)$ حيث g هي كثيرة الحدود من x_2 درجة $(n-1)$. نحصل على قيمة تقريبية x_2 لـ x_2 ، حيث x'_2 محدّدة كما يلي :

$$(4) \quad N_1 = nx^{n-1}x_2 + a_1(n-1)x_1^{n-2}x_2 + \dots + 2a_{n-2}x_1x_2 + a_{n-1}x_2.$$

هي مشتقة f في النقطة x_1 ، و :

$$(5) \quad x_2 = \frac{N_1}{f'(x_1)}.$$

بمعاودة متتالية للعملية نفترض أننا حددنا كلا من : x_1, x_2, \dots, x'_k

$$\text{و } x = x_1 + x_2 + \dots + x'_{k-1} + x'_k \text{ حيث } k = 2, \dots, n$$

x هو القيمة التقريبية لـ $k'k$ و x معطاة بواسطة الصيغة :

$$(6) \quad x'_k = \frac{N_k}{f'(x_{k-1})}$$

حيث : $N_k = N - f(x_1 + x_2 + \dots + x'_{k-1})$

$$X_{k-1} = x_1 + x_2 + \dots + x'_{k-1}$$

وهكذا فإن قيمة تقريبية لـ x تصبح كما يلي :

$$x_1 + x_2 + \dots + x'_n$$

حيث تعطى الصيغة (6) قيم x'_i

لا يتطلب التعميم إدخال مفاهيم جديدة غير مستعملة في الأمثلة المدروسة. ومع ذلك لابد ألا نفاجأ بـ (4) ، ففي الواقع ، إذا كانت f متعددة حدود من درجة n فإن :

$$(7) \quad f(x_1 + x_2) = f(x_1) + x_2 f'(x_1) + \frac{x_2^2}{2} f''(x_1) + \dots + \frac{x_2^n}{n!} f^{(n)}(x_1)$$

وكذلك :

$$(8) \quad f(x_1 + x_2 + \dots + x'_{k-} + x_k) = f(x_1 + x_2 + \dots + x'_{k-}) + x_k f'(x_1 + x_2 + \dots + x'_{k-}) + \dots + x_k''$$

وهذا ما يوضح الصيغة(6) .

لكن حين يتكلم رشدى راشد بلغة "المشتق" ، ألا ينزلق إلى معنى غريب عن نظرية الطوسى ؟

يسجل رشدى راشد النقاط التالية :

١- يستعمل الطوسى بالنسبة إلى المقسوم عليه عبارات تتطابق جبريًا مع المشتق الأول ؛

٢- التصريح والتضمنين :

أ- غياب الدوال وارد فى تحديد الجذر الصحيح الموجب لمعادلة عددية بواسطة طريقة التقريبات المتعاقبة ؛

ب- حتى لو لم يبحث الطوسى إلا عن هذه الجذور الموجبة فطريقته تؤسس للحصول على الجذور السالبة لـ (١) ، إذ يكفي أن تطبق باستبدال $f(x)$ بـ $f(-x)$ ؛

٣- استعمل الطوسى العبارة الجبرية لـ "المشتق" خلال مناقشة مسألة وجود جذور المعادلات الجبرية . إن المعادلات العددية التى درسها الطوسى هى دائماً بالنسبة إليه بمثابة مثلٍ عن هذه المعادلات الجبرية التى برهن من قبل وجود جذور لها.

قبل إعادة وضع حل المعادلات العددية إلى مكانه فى عمل المؤلف الجبرى ، درس رشدى راشد الصلات بين طريقة الطوسى وطريقة فييت.

٣- الصلات بين الطوسى وفييت

استعمل الطوسى الطريقة كجزء من معرفة رياضية معروفة. والمهم فى هذه الطريقة يكمن فى الجداول. وباستثناء بعض التفسيرات حول مقارنة المراتب العشرية ومفكوك الصيغة $(a+b+\dots+k)^n$ حيث $n = 2, 3$ ، والقسمة والعبارات التى لا بد من إدخالها فى الجدول، فإن النص يخلو من الإشارة إلى مساهمة الطوسى أو تلك التى استطاع إستعارتها من أسلافه.و كان بإمكان رشدى راشد توقع حالة مختلفة مع فييت. لكن ذلك لم يحدث. فعدا التفسيرات المشابهة لتفسيرات الطوسى ومع أن مؤلفه مطبوع وليس مخطوطاً، لا يجد المؤرخ

فيه سوى تأملات عامة في "الاتجاه التحليلي". ما التصورات الرياضية التي أسهمت في صياغة هذه الطريقة ؟ ذلك هو السؤال.

يجرى فرونسوا فيات حل "القوى المقترنة" بالأسلوب نفسه لحل "القوى البحتة". والحل "تحليلي" أى أنه يتبع المسار المعاكس للمسار المتبع بتشكيل القوى المقترنة مراعيًا الموضع والمرتبة والتزايد والتناقص للمعاملات كما تلك التى للمجهول . لكن بينما برهن الطوسى ، فى البداية ، وجود جذر أو عدة جذور موجبة للمعادلات، حيث تمثل المعادلات العددية ذلك، يجد رشدى راشد أن فيات لا يطرح هذه المسألة فى أى موضع من مؤلفه، ويقدم المعادلة العددية المطلوب حلها من دون تأسيس. هذا الفرق هو أساس أسطورة خلقها رينان (Renan) وتانيرى (Tannery) وغيرهما من المؤرخين الذين عارضوا بين:

١- المظهر **العملى** القابل للحساب للرياضيات العربية؛

٢- المظهر **النظري** للرياضيات اليونانية؛

٣- الرياضيات المسماة باسم "عصر النهضة".

ولدراسة فيات بدأ رشدى راشد بالمعادلة التالية :

$$607050 \text{ يساوى } IQ + 7N$$

وبدأ فيات كما الطوسى بتفريق الشرائح من رقمين ابتداء من اليمين، وعوضًا عن وضع الأصفار فوق مراتب المربعات، فهو يضع نقاطًا تحت هذه المراتب نفسها :

ثم اعطى جداول

أ- استخراج الضلع الأول الجزئى ؛

ب- استخراج الضلع الثانى الجزئى؛

ج- استخراج الضلع الثالث الجزئى كما لو أنه الثانى.

يستنتج رشدى راشد أنه إذا كانت $IQ+7N$ تعادل 60750 فإن IN تعادل 243 "بالضبط وفقًا للوجهة المعاكسة الخاصة بالتشكيل" ، كما يكتب فيات .

إن أفضل وسيلة لمقارنة طريقتي فيات والطوسي تكمن عند رشدى راشد، في استعادة مثل فيات وحله بطريقة الطوسي. قدم الطوسي الجداول المجمع، التي حذفها الناسخ ، كما يقدم جداول جزئية خلال الوصف. لذلك لا يمكن المؤرخ إلا أن يدهش أمام التشابه . والفرق الوحيد هو في أن فيات يضع الأصفار فوق الأرقام، ويضعها تحتها ويضع القواسم نهائياً في أسفل الجدول مع فارق الضرب بمعامل تقريباً ، فهو يضعها بطريقة ما في أعلى الجدول.

إن الفرق بين الطريقتين ليس جوهرياً.

ويستمر هذا التشابه لدى مواجهة الحالات الأخرى للمعادلة من الدرجة الثانية . وهكذا في الحالة حيث $k < [\frac{m}{2}]$ وجدنا أن الطوسي يؤخر المعامل كي يتمكن من إجراء القسمة .

كما يظهر في المثل الذي يعطيه : $954N+1Q$ يعادل 18487

ولأن اختيار القواسم مهم بالنسبة إلى شرح الطريقة ، فيلاحظ رشدى راشد بالنسبة إلى هذا المثل نص فيت.

طبق رشدى راشد ما كتبه فيات على المثل المدروس ، يأخذ كجزء من القواسم ما نرمز إليه بـ $2x_1$ دون أن نهمل وضعها في مكانها وحسب الترتيب الذي يناسبها . ويدرج بالعناية نفسها بين القواسم العليا "المقادير التي هي معاملات" وهي هنا a_1 ولديه أخيراً كمجموع قواسم : $2x_1+a_1$ وهو ما يؤسس لتحديد x_2 .

بالنسبة إلى المعادلات من الدرجة الثانية بإمكان رشدى راشد إذن أن يؤكد أنه لا يوجد فارق ملحوظ بين طريقة الطوسي وطريقة فييت. فهل هناك فارق مهم بالنسبة إلى المعادلات من درجة أعلى ؟

لدرس هذا السؤال يجرى راشد الطريقة نفسها التي تمت للمثل السابق على المعادلة : $IC+30N$ تساوى 14,356,197 . بإمكانه توقع رؤية ظهور الفارق المهم بين الطريقتين . إن نص فيات يتيح المجال للإفترض أن مجموع القواسم الذي يسمح بتحديد X_2 سيكون في هذه الحالة $3x+3x_1+a_1$ ، فتغير الطريقة من طبيعتها بعض الشيء .

تعطى الجداول التالية :

أ- استخراج الضلع الأول الجزئي؛

ب- استخراج الضلع الثانى الجزئى ؛

ج- استخراج الضلع الثالث الجزئى كما لو أنه الضلع الثانى.

إذا كانت $IC+30N$ تساوى $14,356,197,IN$ باتباع الإتجاه نفسه ولكن بمنحنى معاكس لاتجاه التشكيل.

و لمقارنة الطريقتين، استعاد رشدى راشد مثال الطوسى.

ولاحظ إذن أن "مجموع القواسم" يتغير عندما نطبق طريقة الطوسى على أمثلة فييت. فبينما يكون هذا المجموع 1260300 فى القسم الثانى من جدول فيات فهو 1200300 حسب طريقة الطوسى ؟

عاد رشدى راشد إلى المعادلة : $x^3 + a_1x^2 + a_2x = N$ التى نوقشت من قبل ، فقد رأى أن :

$$x_2 = \frac{N_1}{3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2}$$

حيث : $N_1 = (3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2)x_2 + (3x_1 + a_1)x_2^2 + x_2^3$

و بالنسبة إلى ، لدينا :

$$N_1 = (3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2)x_2 + (3x_1 + a_1)\{x_2\}x_2 + (x_2)^3$$

حيث $\{x_2\}$ تستبدل بـ 10 عند إجراء القسمة وتتحول صيغة الطوسى السابقة إلى الصيغة التالية مع فيات:

$$x_2 = \frac{N_1}{(3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2) + 10(3x_1 + a_1)}$$

وبصورة أكثر عمومية ، إذا عدنا إلى المعادلة (3) فإن (5) تصبح مع فيات :

$$x_2 = \frac{N_1}{f'(x_1) + \frac{10^{m-1}}{2} f'(x_1) + \dots + \frac{10^{(n-2)(m-1)}}{(n-1)!} f^{n-1}(x_1)}$$

و منها استنتج رشدى راشدصيغة مقابلة لـ (6) .

بقي، حسب رأى رشدى راشد، أن طريقة فيات فى جوهرها قريبة من طريقة الطوسى والمسألة المختلف عليها ليست متشعبة التحديدات لدرجة أنها يمكن أن تجر بذاتها كل هذه المشابهة . إن الوسائل المعروضة ، وتفصيلات العرض تتشابه إلى الدرجة التى تؤسس للتساؤل : ألم يكن فيات على صلة بهذا التيار فى الجبر العربى الذى يشكل الطوسى أحد رموزه ؟

- (١) الخوارزمي ، أبو عبد الله محمد بن موسى، " كتاب الجبر والمقابلة"، تحقيق ونشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩
- (٢) رشدی راشد ، الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس، ج١، المؤسسون والشارحون، تحقيق وتقديم، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٦، الفصل الأول، المدخل، ١-١-١- بنو موسى، ص ١-٥؛ ١-١-٢- أعمال بني موسى الرياضية، ص ٥-٧ .
- (٣) رشدی راشد ، دائرة المعارف الفرنسية، المجلد العاشر، ١٩٨٤، باريس، فرنسا، ص ٢٤٧ .
- (٤) د. محمد مصطفى هدارة، المأمون، الخليفة العالم، القاهرة، الدار المصرية للتأليف والترجمة، من دون تاريخ.
- (٥) ديوفنطس الاسكندراني، "صناعة الجبر"، ترجمة فسطا بن لوقا، تحقيق وتقديم رشدی راشد، التراث العلمي؛ ١ ، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥ .
- (٦) رشدی راشد. "فكرة الجبر عند الخوارزمي"، مجلة العلوم الأساسية، ٤، ١٩٨٣، ص ٨٧-١٠٠ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية الى اللغة الروسية في "الخوارزمي، ١٢٠٠"، موسكو، ١٩٨٣، ص ٨٥-١٠٨؛ ثم الى العربية في مجلة المستقبل العربي، ١٩٨٤؛ تمت الترجمة الى اللغة الإنجليزية في كتاب : ج. ن. عطية (تحرير) ، الحضارة العربية، التحديات والاستجابات، أ.م.أوفيث، مطبوعات جامعة نيويورك الرسمية، ١٩٨٨، ص ٩٨-١١١ ؛ بين الحساب والجبر. بحوث في تاريخ الرياضيات العربية، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الاداب الرفيعة، ١٩٨٤، ٣٢١ صفحة. نقل من اللغة الفرنسية الى اللغة العربية في بيروت عام ١٩٨٩، ثم الى اللغة الإنجليزية، كلوير، دراسات بوستن في فلسفة العلوم، ١٩٩٤، ثم الى اللغة اليابانية، مطبوعات جامعة طوكيو .د. جون اتار، محاولات في تاريخ الرياضيات، جمعها وقدم لها رشدی راشد، باريس، بل ونشار، ١٩٨٤ . في اللغة الفرنسية. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، بين الجبر والحساب"، ترجمة د. حسين زين الدين، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (١)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ط١، ابريل ١٩٨٩، ص ١٩-٣٢ .
- (٧) رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، بين الجبر والحساب"، ترجمة د. حسين زين الدين، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (١)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ط١، ابريل ١٩٨٩، ص٣٥-٣٦ .
- (٨) المرجع السابق، ص ٤٢-٤٣ .
- (٩) المرجع السابق، ص ١٢-١٣ .
- (١٠) د. رشدی راشد، "التحليل التوافقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسي ونظرية الأعداد"، في "موسوعة تاريخ العلوم العربية"، ج٢، الرياضيات والعلوم الفيزيائية، الرياضيات العددية، الجبر، الهندسة، المتلثات، الرياضيات التحليلية، الموسيقى، الستاتيكا، المناظر والبصريات، إشراف رشدی راشد، مركز دراسات الوحدة العربية، مؤسسة عبد الحميد شومان، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٧٧، ص٥٣٢-٥٣٦ .
- (١١) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٥٤ .
- (١٢) رشدی راشد ، دائرة المعارف الفرنسية، المجلد العاشر، ١٩٨٤، باريس، فرنسا، ص ٢٤٧ .
- (١٣) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٥٨-٦٩ .
- (١٤) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٨٦-٩٣ .
- (١٥) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٩٣-١٠١ .
- (١٦) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٠٥-١٢٣ .
- (١٧) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٢٥-١٤٩ .
- (١٨) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٥٣ او مابعدھا.
- (١٩) د. رشدی راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٧٣-٢٠٨ .

الفصل الثاني

المخطوطات الجديدة

١- أولا : السموأل بن يحيى بن عباس المغربي (متوفى حوالى سنة ١٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)

كشف رشدى راشد عن مخطوطات رياضية بالغة الأهمية كانت فى حكم المفقودة. لكن قبل الكلام على هذه المخطوطات البالغة الأهمية لا بد من الإشارة إلى أن محققى المخطوطات السابقين كانوا يستخدمون، أسلوبين أساسيين من أساليب تحقيق النصوص المعروفة : التصوير والتفسير، التشكيل والتأويل. وبالطبع كانوا لا يقصدون من وراء ذلك التصوير فن التصوير الزيتى كما كانوا لا يقصدون من وراء التصوير، ذلك الاستتساخ الورقي. وبالطبع أيضا كانوا لا يقصدون من وراء التشكيل فن الرسم كما كانوا لا يقصدون من وراء التشكيل الإعراب فى اللغة. إنما كانوا يقصدون من وراء هذا التصوير وذاك التشكيل البحث عن العلامة القابعة خلف نظام الكتابة أو الصورة المتوارية خلف العلامة المكتوبة. وكانوا يلجئون من جهة أخرى إلى تجاوز الكلام الظاهر بحثا عن كلام باطن يحيل إليه الكلام الظاهر إحالة خفية. ويشير الكلام الظاهر والباطن معا إلى موقفين متعارضين يحار بينهما الباحث فى المخطوطات القديمة. وقد حار الدارس الحديث بين التشكيل وبين الكتابة المزدوجة/الملتبسة. فإما ترجمة ما يقوله الكلام ضمنا من دون تصريح وإما السعى إلى قول ما لا يقوله الكلام. من هنا كان التفريق بين مستويين فى الكلام الواحد. ومن هنا أيضا كان اتجاه منهجيات التأويل إلى التأكيد على أن الكلام يعانى من فجوات وثغرات وبياضات. ومن هنا كانت معاناة رشدى راشد من فجوات وثغرات وبياضات، فى المخطوطات العربية القديمة. وأصبح من الصعب إذن التقيد بما قيل فعلا أو بمجرد كتابة ما قيل. ولم يتقيد الباحث الحديث بكثابة ما قيل ويقال. وهناك من يحمل لواء مشروع مخالف أتم الاختلاف، أى الاكتفاء بمجرد كتابة ما قيل ويقال. إذ لا يسعى البعض إلى الإحاطة بالكلام بهدف اكتشاف عنصر خفى أو معنى خفى يختبئ فيها أو يرى النور خلف سطحها الظاهر.

مع ذلك فإن الكلام لا يُرى رؤية مباشرة. فإن الكلام لا مرئى ولا مختفى فى الوقت نفسه. إذ يقوم تاريخ الثقافة على نقل المكتوب وحده والذى هو لا مرئى وغير خفى فى آن. وذلك من دون البحث عن التأويل أو التفسير. فالثغرات والفجوات ليست دلالات متوارية إنما هى إشارات وتنبهات، حسب ما عبر ابن سينا، إلى

حضورها في فضاء تناثر وتبعثر. وليس من الممكن الوقوف عند حدود الظاهر. لأن الكلام لا يدرك إدراكا مباشرا. فهو ملتبس بطبيعته. مما يقضى بفض هذا الالتباس. إذن يحيل التسجيل والتدوين معا إلى احتواء الكلام على تشكيلات خطابية، أى إلى أسس الكلام لا على المخطوطة. ويقوم تحليل اللغة على مجموعة من الأقوال والنصوص كما أن تأويل المعانى ومحتويات اللغة، يستند إلى جانب معين من الكلام، وينطلق الباحث لمنظومة ما من "إعادة كتابة" جوانب محددة من الكلام، فى لغة شكلية. هذا هو حصاد المنهج العيني. لا بد من الانطلاق من الكلام. لكن لا بد أيضا من تنظيم الكلام ضمن مجموع معين، يتغير وفقا للمسألة المطروحة. من هنا لم يكن تحقيق رشدى راشد للمخطوطات الرياضية القديمة المفقودة تحقيقاً للنصوص الرائدة وحسب إنما كان تحقيقاً واقعاً فى إطار إعادة كتابة تاريخ العلم بعامة.

بعد أن كشف رشدى راشد عن هذه المخطوطات، حققها ونقلها إلى اللغة الفرنسية كما تناولها بالتحليل الرياضى والتاريخى المتأنى الدقيق. ولوضع هذه الكشوف فى موضعها التاريخى كان من مهامه أن يجدد منهج الكتابة فى تاريخ العلوم وأن يولى عناية خاصة بالتراث المتنوع والمدارس والتيارات والاتجاهات والأسس النظرية والمنهجية لهذه الكشوف أكثر من مجرد سرد تاريخ العلماء وسيرهم. فأعاد قراءة تاريخ الجبر الحسابى ثم الهندسة الجبرية والرياضيات التحليلية. من جهة أخرى، أعاد قراءة تاريخ علم المناظر. فاكشف نصوصا كانت قد فقدت فى اللغة اليونانية القديمة حول المرايا المحرقة كما اكتشف كتابين مهمين للكندى أحدهما عن المرايا المحرقة والثانى فى المناظر وكتابا بالغ الأهمية للعلاء بن سهل (القرن الرابع الهجري) عن العدسات والانكسار.

١-١ - حسبه الجبر

مثل كتاب "الباهر" الذى حققه رشدى راشد أهمية أساسية فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها^(١). وكتاب "الباهر" الذى حققه رشدى راشد عام ١٩٧٢ فى جامعة دمشق بسوريا، جمع السموأل فيه أصول الجبر والمقابلة، وبرهن منها على ما لم يجد أحدا برهن عليه، وكمل بما أودعه من الأعمال والأشكال المبتكرة الجبر السائد، وعلل فيه ما زعم فيثاغورس أنه أدركه من طريق الوحي، لم يخلط كلامه بكلام من تقدمه، لكنه نسب إلى اقدم من نقل ذلك عنه وقسمه إلى أربع لحظات. مهد فى اللحظة الأولى الطريق إلى التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات. والتزم البراهين على جميع قضاياها. وضمت اللحظة الثانية من الأصول التى تتحلّ بها المسائل الجبرية ويستعان بها على إخراج المجهولات. واستقصى السموأل فى اللحظة الثالثة، حساب المقادير الصم، والتصرف فيها بأبواب الحساب حتى جعل المنطق والأصم عند متقهما سيان. وختم الكتاب بلحظة رابعة فى تقاسيم المسائل ليقف منها على

نوع كل مسألة ترد ، وما تصلح أن تسمى به ، ولا غناء لمفهمه عن علم عشر مقالات من كتاب الأصول لأقليدس. وكان قد طالع بعض مسودات كتاب "الباهر" عند فراغ السموأل من كتابته ناصر الدين إبراهيم الباكوهي.

وفى الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب أشرت إلى الدور الذى لعبه الكرجى والسموأل فى تاريخ إعادة التأريخ للاستقراء الرياضى. أعاد الدارسون كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى مرات عدة منذ عام ١٩٠٩. بدأت الإعادة برأى فى ثلاث صفحات من "نشرة الجمعية الرياضية الأمريكية"، شكك فيها ج. فاكا (G. Vacca) فى تاريخ الاستقراء الرياضى، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. وصار تاريخ الاستقراء الرياضى، بوصفه من منجزات موروليكو (Maurolico) لا علماء القرن السابع عشر الميلادى. من هنا طرحت مقالة ج. فاكا من جديد مسألتى تاريخ "مبدأ" الاستقراء الرياضى؛ و"طريقة كتابة" تاريخ مبدأ الاستقراء الرياضى.

و بعد فحص مفصل لعمل موروليكو، بين فريدونتال (M.Freudenthal) أن هنالك ثلاثة مواضع كحد أقصى بإمكاننا التعرف من خلالها، على شكل مضطرب من الاستقراء الرياضى ، بينما صاغ بليز باسكال مبدأ الاستقراء الرياضى ، للمرة الأولى بشكل مجرد. ومع أن فريدونتال يرد الاعتبار إلى بليز باسكال ، فالأطروحة تحتل التأويل. فموروليكو يعرف شكلا قديما من الاستقراء الرياضى ، وعمل بليز باسكال من خلال هذا الشكل القديم من الاستقراء الرياضى، قبل أن يتجاوزه. ومنذ دراسة فريدونتال ، استعاد المؤرخون أمثال م. هارا (M.Hara) وهو من أتباع بليز باسكال، هذه القضية. فتتاسى تحفظات فريدونتال جاعلاً من باسكال بداية مطلقة للاستقراء الرياضى فى التاريخ. وأعاد م. راينوفيتش (M. Rabinovitch) الاستقراء إلى ليفى بن جرسون (Levi Ben Gerson) ويبين أن ليفى بن جرسون هو "أول" من استخدم منهجيا الاستقراء الرياضى.

من جهته، عرض رشدى راشد لعناصر لم تنشر من قبل. وبين رشدى راشد أن هناك محاولات سبقت موروليكو وليفى بن جرسون، وهى محاولات الكرجى والسموأل. أعاد رشدى راشد كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى بطريقته. وصار تاريخ الاستقراء الرياضى، بوصفه من منجزات الكرجى والسموأل، لا علماء القرن السابع عشر الميلادى. وبالتالي فهو الامتداد المتطور لإعادة المؤرخين الغربيين كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى منذ مطلع القرن العشرين. كشف م. إيتار (M.Itard) عن الاستقراء الرياضى عند إقليدس بينما فريدونتال يرد هذه المحاولات إلى ما قبل تاريخ المفهوم. شكك رشدى راشد فى تاريخ الاستقراء الرياضى، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. لماذا لجأ الكرجى والسموأل إلى طرق جديدة فى البرهان ؟

فى ضوء ذلك السؤال يعرض كتاب "الباهر" ، إذن، بدقة الموقف القائم فى الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادى. ويؤسس كتاب "الباهر" لدراسة بداية جديدة للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادى. ويصحح بعض التصورات السائدة فى مختلف تواريخ الرياضيات وفلسفتها. وعمق عمل الكرجى. فهو من جهة وثيقة غير عادية دلت على موقف الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادى، وهو من جهة ثانية، يعمق حسنة الجبر التى بدأها الكرجى، مما أدى إلى كشف جديدة وإلى تأريخ جديد لأربع مجالات أساسية فى تاريخ الحساب والجبر:

١- ضرب وقسمة القوى الجبرية؛

٢- نظرية قسمة متعددة الحدود؛

٣- حساب العلامات؛

٤- المعاملات الجبرية ذو مخرج ذو حدين وصيغة المخرج ذو حدين.

١-٢- مشروع السموأل العلمى

السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م) رياضى وطبيب ولد بالمغرب وسكن بغداد مدة وانتقل إلى فارس ومات بالمراغة بأذربيجان . كان أبوه يشدو شيئاً من علم الحكمة. وكان يهودياً وأسلم. ومات شاباً ودرس علم العدد والجبر. وأقام بديار بكر وأذربيجان وله رسائل فى الجبر والمقابلة يردّ فيها على ابن الخشاب النحوي. وذلك أن ابن الخشاب كان معاصره وكان لابن الخشاب مشاركة فى الحساب ونظر فى الجبر والمقابلة.

وأتى السموأل إلى المشرق وارتحل منه إلى أذربيجان وخدم بيت البهلوان وأمراء دولتهم وأقام بمدينة المراغة وأولد أولاداً هناك سلكوا طريقته فى الطب وارتحل إلى الموصل وديار بكر وأسلم فحسن إسلامه وألف كتاباً فى معائب اليهود تحت عنوان "إفحام اليهود" .

كان أبوه، يقال له الرب يهوذا ابن أبون من مدينة فاس بأقصى المغرب، والراب لقب ليس باسم وتفسيره الجبر ، وكان عالماً فى علوم التوراة وكان اسمه المدعو به بين أهل العربية أبا البقاء ابن يحيى ابن عباس... المغربى وكان اتصاله بأمه فى بغداد وأصلها من البصرة وهى إحدى الأخوات الثلاث المنجبات فى علوم التوراة وهن بنات إسحاق بن إبراهيم البصرى اللوى يعنى سبط ليوى وهو سبط مضبوط النسب لأن منه كان موسى، وكان إسحاق هذا ذا علوم يدرسها ببغداد وكانت أمهن نفيسة بنت أبى نصر الداودى المصرى ، وهذا

الداودي من رؤسائهم المشاهير وذريته في مصر. وشغله أبوه بالكتابة بالعلم العبري عند كمال السنة الثالثة عشرة من مولده شغله حينئذ بتعلم الحساب الهندي وحلّ الأزياج عند أبي الحسن الدسكري، وقرأ علم الطب على أبي البركات هبة الله ابن علي والتأمل في علاج الأمراض ومشاهدة ما ينفع من الأعمال الصناعية في الطب والعلاجات عند خاله أبو الفتح الطيب البصري.

ثم قرأ الحساب الديواني وعلم المساحة على ابن المظفر بن الشهرزوري، وقرأ الجبر والمقابلة على ابن أبي تراب، وتردد إلى أبي الحسن بن الدسكري وأبي الحسن بن النقاش لقراءة الهندسة حتى حلل المقالات من كتاب "الأصول" لأقليدس وهو في ذلك مهوم بالطب حتى استوعب ما ذكره من ابن الدسكري من هذه العلوم وبقي بعض كتاب اقليدس وكتاب الوسطى في الحساب والكتاب البديع في الجبر والمقابلة وغير ذلك من العلوم الرياضية مثل كتاب شجاع بن أسلم في الجبر والمقابلة وغيره من كتب الرياضيات.

و لقد تركت دراسة السموأل على نظرية البرهان وإرساء البراهين السابقة. فلقد حلل السموأل جميع تلك الكتب الرياضية ، وشرحها ورد على من أخطأ فيها أمثال اقليدس في ترتيب أشكال كتابه بحيث أمكنه، تبعاً لذلك، تغيير نظام أشكاله والاستغناء عن عدة منها لا يبقى إليها حاجة بعد إن كان كتاب اقليدس، في العرف السائد، معجزاً.

من هنا عرض السموأل لعمل الكرجي، "البديع"، وشرحه ودققه وطوره في اتجاه توسيع متعددة الحدود بمجهول واحد، واستخراج جذور متعددة الحدود بمعامل نسبية منطقة، والبرهان على النظريات غير المبرهنة، والتي تتعلق بجمع الأعداد الطبيعية الأولى، وأجذارها وكعابها. وهو التطوير الذي كان بدأ في القرن العاشر الميلادي في إطار الحساب بوصفه نظرية الأعداد وبوصفه لوجستيكا، كما في إطار رفض الباحثين في المحددات التحليلية أمثال بنى موسي، وثابت ابن قرة، وإبراهيم ابن سنان، وابن الهيثم، وغيرهم من علماء الرياضيات التحليلية، التمثيل الهندسي للعمليات الجبرية، وقد قادهم ذلك التجديد إلى البحث عن القواعد الحسابية الضرورية لتحديد الحجم ولتوسيع تصور العدد. بعبارة أخرى، كان هناك تجديدان : إما تجديد الجبر من خلال الهندسة (فن استعمال الأشكال الهندسية لعمل أجذار بعض المعادلات)، إما تطبيق الحساب في الجبر، والمحاولات الغير المباشرة لتوسيع تصور العدد. من هنا -أي من خلال تطبيق الحساب في الجبر، والمحاولات الغير المباشرة لتوسيع تصور العدد- ظهرت فكرة استقلال العمليات الجبرية عن التمثيل الهندسي. ثانياً، ظهر -أيضاً من خلال تطبيق الحساب في الجبر، والمحاولات الغير المباشرة لتوسيع تصور العدد- مشروع استقلال الجبر وتفردّه. وكان عمل الكرجي قد مهد لذلك الاستقلال.

و لفهم مهمة الجبريين في أثناء تلك المرحلة، ذكر رشدى راشد بأنه بعد الخوارزمي، وابن الفتح، وأبى كامل، والكرجى والخيّام ، بعد هؤلاء، سلم الجبريون جميعاً بأن وحدة الموضوع الجبرى تقع فى عمومىة العمليات الجبرية لا فى عمومىة الكائنات الجبرية، سواء أكانت تلك الكائنات أعداداً أم هندسية. كان رشدى راشد يعتقد - وما زال - أن مؤلفات عمر الخيام الرياضية هى من أهم الآثار العربية الرياضية بل هى من أهم الآثار الإنسانية الرياضية. ونشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادى.

وقد ألحت على رشدى راشد فكرة تحقيق رسائل الخيام عندما كشف لأول مرة عن أعمال شرف الدين الطوسى وأهميتها البالغة فى تاريخ الهندسة التحليلية أو تاريخ الهندسة الجبرية. فعند تحقيقه لكتاب شرف الدين الطوسى كان كثيراً ما يعود إلى آثار الخيام لتبصر أثره ولتحديد تجديد الطوسى نفسه. وكثيراً ما شعر رشدى راشد فى أثناء هذا العمل بحاجة ماسة لطبعة جديدة محققة لآثار الخيام تغنى عن تكرار مؤلفاته كذبول لكتاب شرف الدين الطوسى. وأسس ذلك لرؤية تاريخية للخيام ولذلك الفرع من الجبر : الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية. فقبل تحقيق رشدى راشد للخيام كنا لا نعرف إلا الخيام نفسه، وكنا نجهل من تبعه ودرس ابتكاراته ومن ثم كنا لا نعرف شيئاً عن أثره فى تاريخ العلوم الجبرية. ومما زاد فكرة تحقيق آثار الخيام إلحاحاً الكشف عن نص "فى قسمة ربع الدائرة" لم ينشر محققاً بعد رغم أهميته لفهم ما قصد إليه الخيام ، ولوعى مشروعه العلمى فضلاً عن مخطوطات لرسائله فى الجبر لم تكن معروفة من قبل.

المقصود إذن هى العمليات الضرورية لرد أى مسألة إلى شكل المعادلة، أو إلى أحد أنواع المعادلات الخوارزمية التالية :

- (1) $ax^2 = bx$
- (2) $ax^2 = c$
- (3) $bx = c$
- (4) $ax^2 + bx = c$
- (5) $ax^2 + c = bx$
- (6) $bx + c = ax^2$

و قد أضاف عمر الخيام إلى هذه المعادلات، المعادلات من الدرجة الثالثة. والمقصود أيضاً هى العمليات الضرورية لرد أى مسألة إلى حلول خاصة أو ردها إلى "القوانين". الجبر إذن هو علم المعادلات، وموضوعه هو حل المعادلات الجبرية. وهذا التصور الخوارزمى طوره بعد ذلك العلماء. عرف الخيام الجبر بعد ذلك بوصفه علم المعادلات، وأسمى شرف الدين الطوسى كتابه باسم المعادلات لا باسم "الجبر". حين كشف رشدى

راشد لأول مرة ، نحو منتصف عقد الثمانينيات من القرن العشرين، النقاب عن كتاب "المعادلات" لشرف الدين الطوسي، عرف أن هذا العمل هو أهم كتاب عربى فى الجبر. ففيه يعرض الطوسى لعمل أسلافه فى نظرية المعادلات الجبرية ليزيده إحكاماً، وفيه ينضج عملهم ، وفيه يجدد الطوسى الجبر. فكان على رشدى راشد تحقيق آثار عمر الخيام التى منها بدأ الطوسى وعليها بني. فالطوسى لم يصل إلى منهج روفينى - هورنر فى الحل العددي للمعادلات الجبرية وحسب إنما حاول التأسيس النظرى لهذا المنهج نفسه. وصاغ هذه النظرية باللغة الطبيعية غير الرمزية. لذلك ترجم رشدى راشد نظرية الطوسى إلى اللغة الرمزية الحديثة، كما اقترب الطوسى نفسه فى كتاب "المعادلات"، من بدايات التحليل الرياضى ، وانتهى إلى تصورات ونتائج ، قطع مؤرخو تاريخ العلوم، من قبل دراسات رشدى راشد، أنها تنتسب إلى علماء القرن السابع عشر الأوربي. مع أن الطوسى فى كتاب "المعادلات" صاغ هذه التصورات وتلك النتائج صياغة حديثة، عدا نظام الكتابة الرمزية الحديثة.

تحددت الحدود إذن بين الجبر والحساب لأن العالم صار لا يتناول الأعداد التامة وحدها. لكن الحدود بين الجبر والهندسة لم تكن واضحة. كان برهان الخوارزمى هندسياً حين بحث عن تعيين شروط وجود جذور المعادلات التربيعية من الدرجة الثانية، وهى معادلات صورتها المعيارية $أس^٢ + ب س + ح = ٠$. وانتقد خلفاء الخوارزمى البرهان الهندسى فى الجبر. ومن استعان منهم بالهندسة لعمل جذور المعادلات التكعيبية، أمثال عمر الخيام، قد عبروا عن استحالة وضع الحل الهندسى محل الحل الجبري. ومن استعان منهم بالهندسة لعمل جذور المعادلات التكعيبية، أمثال عمر الخيام، قد عبروا عن استحالة وضع الحل الهندسى محل الحل الجذرى لمعاملات المعادلة. لكن البرهان الجبرى نفسه لم يكن ممكناً من دون توسيع الحساب الجبري.

و تولى الجبريون هذه المهمة التقنية -توسيع الحساب الجبري- لحل مسألة إعادة بناء الجبر النظرية. فطبقوا الحساب على الجبر. وأدخلوا فى الجبر عمليات الحساب الأولية، بحيث تقبل هذه العمليات التطبيق فى الفسحة $[0, \alpha[$ وأدخلوا تصور العدد السالب على النحو التالى :

$$x \in]-\alpha, 0] \Leftrightarrow x = -y$$

$$y \in [0, \alpha[$$

إن الطريق المقصود بوجه خاص عند الكرجي، كما كتب السموأل، هو "التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات." وأدى ذلك إلى توحيد العرض الجبري. فقد صار

يدور على التطبيق المتتالي لمختلف العمليات الحسابية على عناصر الجبر وتعبيراته. وقد قرأ رشدي راشد كتاب "الباهر" للسؤال في أفق الكرجي بوصفه تطويراً للكرجي.

١-٣- القوى الجبرية

حتى وقت قريب كان غالباً ما ينسب مؤرخو الرياضيات الدراسة المنظمة الأولى للقوى الجبرية إلى شوكيه *CHUQUET* وشتيفل *STIFEL*. لكن أبحاث بول لوكي حول الكاشي قد بينت أن الكاشي كان قد درس القوى الجبرية دراسة منظمة : تعريف القوى السالبة والصفرية، تعريف ضرب القوى الموجبة، والسالبة، والصفرية. في كتابه "مفتاح الحساب"، صاغ الكاشي القوة a^n وقاعدتها a ، معلومة أو مجهولة، و $n \in \mathbb{N}$ ونهض منهج الكاشي على تعريف حد ثابت من الصفر $a^0 = 1$ ، ويكتب من جهتي الحد متتاليتان أو سلسلتان، سلسلة صاعدة a, a^2, a^3, \dots وأخرى نازلة $1/a, 1/a^2, 1/a^3, \dots$ لصفوف ١، ٢، ٣، ... و ضرب وقسمة القوى من القاعدة نفسها ليسا سوى جمع وطرح الصفوف حسب ما تكون الحدود من الجهة نفسها من الوحدة -الانتماء إلى المتتالية نفسها- أو من جهتي الوحدة -الانتماء إلى متتاليتين مختلفتين. من هنا فقد صاغ الكاشي القاعدة المعادلة لـ $a^m a^n = a^{m+n}$ $m, n \in \mathbb{Z}$

مع ذلك لم يصرح الكاشي بريادته في هذا الميدان. فقد سبقه إلى ذلك السؤال بنحو قرنين من الزمان إلى صياغة تلك القاعدة. كذلك أقام السؤال صياغته على دراسة الكرجي.

في التقليد الرياضي العربي لم يستخدم الخوارزمي سوى x^2 ، ولم يستخدم بنو موسى سوى x^3 . في *METRICA DE HERON* نجد x^4 ، وأدخل ديوفنطس x^5 و x^6 حيث قواسم الكسور هي هذه الكميات نفسها والقاسم المشترك ١ . واستخدم أبو كامل (٨٥٠-٩٣٠) x^6 و x^8 وجمع القوي. وكان الكرجي على علم بعمل ديوفنطس. وحافظ الكرجي، كما ديوفنطس، على نظام جمع الحدود $x^6 = x^{3+3}$. وأراد الكرجي توسيع تصور القوة. لذلك فهو يورد المراتب التالية بطريقة لفظية:

$$\begin{aligned} x & \\ x^2 &= x x x \\ x^3 &= x^2 x x \\ x^4 &= x^3 x x = x^2 x^2 \\ x^5 &= x^4 x x = x^3 x^2 \\ x^6 &= x^5 x x = x^4 x^2 = x^3 x^3 \\ x^7 &= x^6 x x = x^5 x^2 = x^4 x^3 \\ x^8 &= x^7 x x = x^6 x^2 = x^5 x^3 = x^4 x^4 \\ x^9 &= x^8 x x = x^7 x^2 = x^6 x^3 = x^5 x^4 \end{aligned}$$

و هذه المراتب/القوى تزيد على هذا التناسب إلى ما لا نهاية.

و منذ الكرجي وحتى القرن السادس عشر الميلادي، على أقل تقدير، مروراً بليونار دو بيز، ولوقا باتشيولي، وكاردان وتارتاليا وفيت، أشار النظام نفسه إلى مراتب/قوى المجهول المختلفة. وتابع الكرجي دراسة مراتب/قوى

$$1/x, 1/x^2, 1/x^3, \dots,$$

و هو يحدد القواعد التالية:

$$1) 1/X : 1/X^2 = 1/X^2 : 1/X^3 = \dots$$

$$2) 1/x : 1/x^2 \cdot x^2/x = \dots = 1/x^{n-1} : 1/x^n = x^n/x^{n-1}$$

$$3) 1/x \cdot 1/x = 1/x^2, 1/x^2 \cdot 1/x = 1/x^3, \dots, 1/n \cdot 1/x^n = 1/x^{n+m}$$

$$4) 1/x \cdot x^2 = x^2/x, 1/x \cdot x^3 = x^3/x, \dots, 1/x^n \cdot x^m = x^m/x^n$$

$$m = 1, 2, 3, \dots n = 1, 2, 3, \dots$$

و قد اتبع السموأل منهج الكرجي نفسه، واتبع كذلك القضيتين الثامنة عشر والتاسعة عشر من المقالة السابعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، للتأسيس للعلاقات السابقة. وقد كان تفكيره على النحو التالي :

$$\text{نقول القضية ١٩ إن } A.D = B.C \rightarrow A/B = C/D$$

$$\text{و بالإمكان أن نبين أن } 1/x^2 = x^2/x = x.x \rightarrow 1/x = x/x^2$$

$$\text{وتقول القضية ١٨ إن } C.A = D; C.B = E \rightarrow D/E = A/B$$

$$\therefore : 1/x^k = x/x^{k+1} \text{ لـ } k=1,2,3,\dots$$

$$\text{ولا بد من التذكير بأن السموأل يحد } x^n \text{ حداً استقرائياً } x^n = x^{n-1} \cdot x \text{ لـ } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{ولـ } x = 1 \text{ لدينا } 1 = x^{k+1} = x^k \text{ لـ } k = 1, 2, 3, \dots \text{ تسمى } x \text{ ضلعاً من } x^k \text{ لـ } k > 3 \text{ وجذر فقط لـ } k = 2.$$

و في أفق الكرجي أيضاً، بحث السموأل عن توسيع تصور القوة الجبرية لكمية لمعكوسها، وفي أثناء هذا التوسيع نفسه، عبر السموأل، للمرة الأولى في تاريخ الرياضيات وفلسفتها، عن قاعدة الضرب وقسمة القوى

الجبرية بوجه عام. وبعد أن حدد القوة الصفرية بواسطة $x^0 = 1$ وكان بإمكانه أن يصوغ القاعدة المعادلة $x^m x^n = x^{m+n}$ لكل $m, n \in \mathbb{Z}$

و لضرب قوتين جبريتين، جمع القوتين بوضوح. وقد استغل التناظر بين مجموعة $(+, \cdot)$ وزمرة $(\mathbb{Z}, +)$ وزمرة $(\mathbb{Z}, x) \in (\{x^n\};$

كيف أدرك تصور القوة الموجبة والقوة السالبة حيث تتحدد القوة الجبرية بصفها وحسب وانطلاقاً من حد صفه صفر؟ بواسطة منهج الجداول. وهو المنهج الذى لم يستخدمه الكرجي. أما السموأل فقد وضع على جانبي x^0 المتواليات $x, x^2, \dots; 1/x, 1/x^2, \dots$ وحسابه $x^n \frac{1}{x^{n'}} n, n' \in \mathbb{Z}$ يقوم تقريباً على حساب الجدول بدءاً من الصف n', n' صفوف فى اتجاه الوحدة. وفى حال قسمة $x^{n'} x^{n''}$ لا بد من حساب n' صفّاً لكن فى الاتجاه المعاكس للوحدة. هذه القاعدة الحسابية تعنى مقارنة القوى فى صورة $1/x^{n''}$ بوصفها $x^{-n''}$ وجمع جبرياً القوى لإيجاد $x^n x^{n'}; n, n' \in \mathbb{Z}$

وهذه هى القاعدة التى صاغها السموأل للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات. وليس من شك فى أن ديوفنطس قد ضرب القوى وقسمها، لكنه لم يصغ القواعد الضابطة لضرب القوى وقسمتها. فى المقابل هناك تشابه بين منهج السموأل ولغته ومنهج الكاشى ولغته فى "مفتاح الحساب"، من جهة، وبين منهج السموأل ولغته ومنهج شتيفل وشوييل ولغتهما فى ضرب القوى وقسمتها، فى القرن السادس عشر الميلادي، من جهة أخرى. كذلك تركز منهج السموأل ولغته على نفى الثقة بالتجربة والتمثيل الجزئى فى المسائل العددية والحسابية لأن كثيراً من القضايا يظن بها أنها كلية ولا تصدق إلا فى أمثلة جزئية، مثل قولنا: كل عددين فإن الفضل بين مربعيهما مساوٍ لثلاثة أمثال مربع أصغرهما. فإذا افترضنا العددين اثنين وأربعة أو ثلاثة وستة أو أربعة وثمانية أو خمسة وعشرة وجد هذا الحكم فيهما، وليس يصدق فى الاثنين والثلاثة ولا فى الثلاثة والأربعة ولا فى الخمسة والسبعة. وتفتقر هذه القضية إلى شريطة زائدة حتى تصير صادقة، فيصير: كل عددين يكون أحدهما مثل الآخر فإن الفضل بين مربعيهما ثلاثة أمثال مربع أصغرهما. وإذا كان التمثيل لا يفيد يقيناً ولا يوقف على علة صحة القضية الصادقة ولا علة بطلان الكاذبة، فينبغى أن لا ننق إلا بالبراهين العقلية. فبرهن السموأل على صحة ما قاله الكرجي برهاناً عددياً تارة وبرهاناً هندسياً تارة أخرى.

من هنا توصل السموأل بالبرهان الهندسي، والبرهان الجبري، وطبق القاعدة :

$$a/(b \cdot c) = a/(b/c)$$

و قام منهج السموأل على بيان توزيعية الضرب بالنسبة للجمع. وهو هنا استعاد قواعد الكرجي، وربما كانت تلك القواعد معروفة قبل صياغة الكرجي لها والبرهان عليها.

ثانيا : مخطوطات شرف الدين المظفر

(أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي

أو صياغة نظرية رياضية كاملة للتأسيس لمنهج روفيني – هورنر

سبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب، وفي سياق الكلام على المعادلات العددية، وحل المعادلات العددية والجبر (أولاً)، شرف الدين الطوسي ، فيات ، الحساب العددي (١)، إلى البدء الشائع بالعالم المعروف فيات (Viète). أما هاريوت (Th. Harriot) ، واوجتريد (W.Oughtred) ودوشال (C.F. Dechaes) ، وبيل (Pell) وغيرهم فقد حسنوا الطريقة بصورة أو أخرى. ودرسها نيوتن (Newton) بعد ذلك. وغُذِّلها رافسون (J. Raphson) وما زالت تعرض اسم نيوتن وحده دون سواه. وسعى كل من لاجرونج (Lagrange) ومواري (J.R. Mouraille) وفورييه (Fourier) إلى دراسة مشكلاتها. ووسَّع روفيني (Ruffini) (3181) وهورنر (Horner) (9181) بشكل مستقل أبحاث فيات ونيوتن، وقد اقترحا خوارزمية أكثر عملية لاستخراج جذر معادلة عددية من أية درجة كانت.

إن مؤرخين للرياضيات أمثال مونتوكلا (Montucla) وهنكل (Hankel) وكانثور (Contor) وفيلانتر (Wieleitner) وكاجوري (Cajori) وترويفك (Tropfke) ... اعترفوا جميعهم بأسبقية فيات ، وعرضوا لتعديل نيوتن ، واستطاع البعض منهم وصف التحسين الذي أدخله بعد ذلك روفيني وهورنر. ومنذ بداية القرن التاسع عشر الميلادي، اعتمد لاجرونج الصورة نفسها. فقد كتب يقول إن فيات هو أول من درس حل المعادلات من أية درجة كانت. فقد بيّن كيف يمكن حلّ عدّة معادلات من هذا النوع بعمليات مماثلة لتلك التي تستخدم في استخراج جذور الأعداد. وقد سعى هاريوت واوغتريد وبيل ... الخ إلى تسهيل تطبيق هذه الطريقة بتحديد قواعد خاصة لإنقاص عدد تكرار التجريب حسب الحالات المختلفة ، والتي تتم بحسب علامات حدود المعادلات. لكن كثرة العمليات التي تتطلبها وعدم التيقن من نجاحها في عدد كبير من الحالات دفعته لأن يهملها إهمالاً نهائياً. وكتب لاجرونج قائلاً : "وقد تبعت طريقة فيات طريقة نيوتن التي ليست في الحقيقة سوى طريقة للتقريب".

و كتب مونتوكلا يقول القول نفسه إنه من بين الاكتشافات التحليلية البحتة لفيات لابد أن نصف طريقته العامة في حل المعادلات التي تطول كافة درجاتها ، إذ لم يتصدّ أحد قبله لموضوع على هذه الدرجة من الاتساع. فمن تأمله في طبيعة المعادلات العادية ، لاحظ فيات أنها ليست سوى قوى غير تامة ، وأدرك فكرة أنه بالطريقة نفسها التي تُستخرج بواسطتها جذور القوى الغير التامة بالتقريب إلى أعداد، بالإمكان استخراج جذر المعادلات ، مما يعطينا واحدة من قيم المجهول. من هنا فقد اقترح قواعد لهذه الغاية، شبيهة بتلك التي تستخدم لاستخراج جذر القوة التامة ويمكن استخدامها بسهولة في المعادلات التكعيبية. ولقد وسعها هاريوت لتوسيعها ونجدها مشروحة عند اوجتريد وواليس (Wallis) وفي جبرم ١٠٠٠ دولاني (M. De Lagni)، حتى أن واليس استخدمها في حل المعادلة من الدرجة الرابعة ودفع تقريبيه حتى العُشر الحادى عشر. أما الآن فلدينا طرق للتقريب أكثر مناسبة.

تلك كانت الصورة التاريخية والتحليلية لمسألة الانطلاق من فيات للتأريخ للمعادلات العددية. وقد احتل كل من روفيني وهورنر وغيرهما من رياضيين الغرب فيما بعد مكانهما في أعمال يونج (Young) وبيرنسيدي (Burnside) وويتاكر (Whittaker) وروبسون (Robinson) وغيرهم.

أعاد القرن العشرون من خلال أبحاث كل من سيديللو (Sédillot) وويكه (Woepcke)، قراءة هذه الصورة التقليدية. فبدراستها للفلكيين والرياضيين العرب في ضوء الجداول الفلكية لـ أولج بيج (Olg-Beg) برهنا على طرق تقريب لحل المعادلات العددية ، وكانت هذه الطرق متعددة ومتقدمة. كذلك برهنا أنها كانت الطريقة الأولى للتقريب العددي المتتالي في تاريخ الرياضيات بعامة. من هنا ألقى اكتشاف سيديللو وويكه ظلا من الشك حول الرواية التقليدية لتاريخ مسألة المعادلات العددية. ومع ذلك كان هذا الشك، بالنسبة إلى رشدى راشد، ضمنيًا، لأن نص الرياضى شلبى لا يحوى دراسة منهجية لمسألة المعادلات العددية، بل احتوى نص الرياضى شلبى على حالة خاصة عن حساب القيمة التقريبية لجيب 1° ($\sin 1^\circ$). ربما لهذا السبب مرت أبحاث سيديللو وويكه مر الكرام. لكن هذا الرياضى يذكر الكاشى كاستاذ الجبرى من القرن الخامس عشر الميلادي. انصرف كل الانتباه إلى الكاشى. فى عام ١٨٦٤، أشار هنكل ، من دون أن يتمكن من تأسيس حدسه، بأهمية الكاشى فى تاريخ مسألة المعادلات العددية. وكان تيتلر (J. Tytler) قبل هنكل، بنصف قرن، قد نوّه بالأهمية نفسها.

مخطوطات الطوسى ، الصياغة النظرية الرياضية ، التأسيس لمنهج روفيني – هورنر الحديث

حين كشف رشدى راشد لأول مرة ، نحو منتصف عقد الثمانينيات من القرن العشرين، النقاب عن كتاب "المعادلات" لشرف الدين الطوسى، رأى فيه أهم كتاب عربى فى الجبر^(٢) . ففيه ضبط شرف الدين الطوسى

بحث أسلافه في نظرية المعادلات الجبرية، وفيه طور عملهم ، وفيه جدد شرف الدين الطوسي الجبر. فكان على رشدي راشد تحقيق آثار عمر الخيام التي كانت أساس بحث شرف الدين الطوسي. فشرف الدين الطوسي لم يصل إلى منهج روفيني - هورنر في الحل العددي للمعادلات الجبرية وحسب إنما حاول التأسيس النظري لمنهج روفيني - هورنر في الحل العددي للمعادلات الجبرية نفسه. وصاغ شرف الدين الطوسي التأسيس النظري لمنهج روفيني - هورنر في الحل العددي للمعادلات الجبرية نفسه باللغة الطبيعية غير الرمزية. لذلك ترجم رشدي راشد تأسيس شرف الدين الطوسي النظري لمنهج روفيني - هورنر في الحل العددي للمعادلات الجبرية نفسه إلى اللغة الرمزية الحديثة. اقترب شرف الدين الطوسي في كتاب "المعادلات"، من بدايات التحليل الرياضي. وانتهى إلى تصورات ونتائج تنسب إلى علماء القرن السابع عشر الأوروبي.

٢-١- خلفاء الطوسي

أما نص كتاب "المعادلات" للطوسي فهو مخطوط من القرن السابع الهجري نُسب إلى مجهول. وصار ضروريا إعادة التأريخ لبعض فصول الرياضيات، ومن بينها : منهج روفيني - هورنر، مشتق متعددة الحدود واستعماله له في تحديد النهايات العظمى وحسابها ، ومميز معادلة الدرجة الثالثة واستعماله له في مناقشة وجود الحل، وفصول مما سُمي فيما بعد بالهندسة التحليلية، وغيرها من النتائج التي يردّها المؤرخون حتى اليوم إلى علماء القرن السابع عشر الأوروبي.

لكن إخراج كتاب "المعادلات" لشرف الدين الطوسي كشف النقاب عن أسلاف الطوسي ولا سيما الخيام ، فلقد ظن مؤرخو الرياضيات العربية أن النظرية الهندسية للمعادلات الجبرية التي صاغها الخيام لأول مرة تعطلت بعده حتى القرن السابع عشر الأوروبي ، وتحكمت في رؤية المؤرخين فكرتان : الأولى أن عمل الخيام لم يؤثر قط في تاريخ العلوم الجبرية ، والثانية أن "هندسة" ديكارت هي التي جددت ميدان العلوم الجبرية.

٢-٢ سيرة شرف الدين الطوسي وأعماله

هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي. وهو من طوس بخراسان. وتردّد على طوس نفسها. واحتفظ بجزء من كتبه فيها. وأقام في الموصل - قبل ١٩ من ربيع الأول سنة ٥٧٦ هـ - أى ٢١ أغسطس سنة ١١٨٠ م- وحلب ودمشق. ومرّ بهمدان. إن أبا الفضل بن يامين المتوفى سنة ٦٠٤ هجرية (٧٠٢١م) قرأ على شرف الطوسي عند وروده إلى حلب ، وكان شرف رياضياً وحكيماً. وكان أبو الفضل الحارثي المتوفى ٥٩٩ هـ - ١٢٠٢ م قد أورد أن شرف الطوسي جاء إلى دمشق في ذلك الوقت،

وكان مهندساً ورياضياً. كان كمال الدين بن يونس من تلاميذ الطوسي، وقد حل عليه كتاب "الأصول" لإقليدس و"المجسطي" لبطلميوس. ورأى تاج الدين السبكي بخط كمال الدين بن يونس على الجزء الأول من كتاب "الأصول" لإقليدس، إصلاح ثابت بن قرة، وأن كمال الدين بن يونس قرأ على شرف الدين أبي المظفر، بعد عودته من طوس، هذا الجزء ، وكان كمال الدين بن يونس حَلَّه عليه نفسه مع كتاب "المجسطي" ، وشيء من المخروطات، واستنجزه كمال الدين بن يونس ما كان وعده به من كتاب "الشكوك" ، فأحضره واستنسخه كمال الدين بن يونس، وكتبه موسى بن يونس بن محمد ابن منعة، في ١٩ ربيع الأول سنة ٥٧٦ هجرية. وتلاميذ الطوسي أمثال كمال الدين بن يونس وموسى بن يونس بن محمد ابن منعة هم من أبناء النصف الثاني من القرن السادس الهجري (النصف الثاني من القرن الثاني عشر الميلادي على وجه التقريب). وقد رحلوا جميعاً في أواخر القرن السادس أو أوائل القرن السابع . ويُستثنى منهم كمال الدين بن يونس الذي كان أصغر تلاميذ الطوسي سناً وأشهرهم. وكان كمال الدين بن يونس نفسه في الخامسة والعشرين من عمره ، مما يفسر قراءته على الطوسي. كان الطوسي، إذن، رياضياً مشهوراً في العقد الثامن من القرن السادس الهجري. ولم يبحث الطوسي في الجبر والحساب وحسب إنما بحث في علم الهيئة والفلسفة.

لكن بعد العقد الثامن من القرن السادس الهجري اختفت آثار الطوسي من كتب المؤرخين القدماء. وظل الخطأ -الذي صححه رشدي راشد- أن الطوسي كان على قيد الحياة سنة ٦٠٦ للهجرة (١٢٠٩م). ويرجع هذا الوهم -بحسب تصحيح رشدي راشد- إلى خطأ أحد النساخ. فأخبار شرف الطوسي كلها ترجع إلى ما قبل نهاية القرن السادس الهجري، فهو من أبناء النصف الثاني من القرن السادس الهجري، بلغ أوج نشاطه في العقد الثامن من القرن السادس الهجري. ففي هذه الفترة تقريباً وضع الطوسي كتبه ورسائله المعروفة في الرياضيات ، باستثناء رسالته المشهورة في "الأسطرلاب الخطي" أو ما سُمي "بعصا الطوسي". وأهم ما ألف الطوسي في الرياضيات : رسالة "في المعادلات"، ورسالة "في الخطين اللذين يقربان ولا يلتقيان" ورسالة في "عمل مسألة هندسية". ولم تذكر كتب المؤلفين والطبقات رسالة المعادلات لشرف الدين الطوسي كما لم تذكر كتب المؤلفين والطبقات رسائل الطوسي الأخرى ، ولم تشر كتب المؤلفين والطبقات إليها إلا في مؤلفات الرياضيين وكتبهم ، ففي "رسالة نور الدلالة في علم الجبر والمقابلة" للخلاطي، قرأ رشدي راشد أن المسائل الجبرية تنتهي إلى ٢٥ بمعادلة الكعاب وهو ما أظهره شرف الدين الطوسي، إلا أنه لم يذكر فيه من الفروع والمسائل التي تقع في تلك الأصول. ويرسم وصف الخلاطي خطة كتاب الطوسي في المعادلات. أما النص الثاني الذي يشير مؤلفه فيه إلى الطوسي فهو رسالة "نصاب الجبر في حساب الجبر" لإسماعيل المارديني المعروف بابن فلوس ، ويقول فيه، بعد الكلام على معادلات الدرجة الأولى والثانية، إن مسائل الجبر لا تنحصر في المسائل الست الواردة عند الطوسي. ثم بعد أن عدد معادلات الدرجة الثالثة وزادها على

المعادلات الأولى، كتب قائلا إن ٢٥ مسألة، بعضها بالإمكان إخراجها بتلك المسائل الست المعروفة، والمسائل التي ليس بالإمكان إخراجها بها لابد فيها من طريقة عمر الخيام القادمة من مقالات ديوفنطس أو منهج الطوسي في وضع الجداول. ليس بالإمكان استخراج المسائل إلا بالبراهين الهندسية الواردة عند عمر الخيام ، أو بمنهج شرف الدين الطوسي في وضع الجداول.

من هنا كان كتاب "المعادلات" للطوسي معروفاً لدى علماء القرن السابع الهجري. وكانت "طريقة الجدول" -الحل العددي للمعادلات بمنهج روفيني - هورنر- تنتسب إلى شرف الدين الطوسي.

إلا أن هذه الرسالة لم تصل إلى الباحث بقلم الطوسي نفسه ولكن بعد أن "لخصها" مجهول. فقد قال المجهول في صدر كتاب "المعادلات" إنه قصد في هذا الكتاب -كتاب "المعادلات" - تلخيص "صناعة الجبر والمقابلة" وتهذيب ما وصل إليه من كلام الفيلسوف شرف الدين المظفر بن محمد الطوسي. وأسقط الجداول التي رسمها شرف الدين المظفر بن محمد الطوسي في عمل الحساب واستنباط المسائل. وجمع "المجهول" بين العمل والبرهان، وسماه "بالمعادلات". وألف الطوسي رسالة أخرى تحت عنوان "في الخطيئة اللذين يقربان ولا يلتقيان". وليس من شك في أن رسالة "في الخطيئة اللذين يقربان ولا يلتقيان" ورسالة "المعادلات" - يتضمنان الأشكال نفسها الرياضية بل اللغة نفسها في أغلب المواضع. وقد نقل هذا المجهول لرسالة الطوسي نهاية القرن السابع الهجري - القرن الثالث عشر الميلادي -. عبر كتاب "المعادلات" عن تلك الخطوة النظرية التي انتهت بميلاد فصل جديد بين الجبر والهندسة ، اسمه "المعادلات الجبرية".

٣-٢ نظرية شرف الدين الطوسي في المعادلات

تمثل دراسة نظرية المعادلات الجبرية إحدى أهم فصول الرياضيات الكلاسيكية. إن أول من صاغ نظرية لمعادلات الدرجة الأولى والدرجة الثانية هو محمد بن موسى الخوارزمي في كتابه المختصر في حساب الجبر والمقابلة، كما أشرنا لذلك في الفصل الأول من هذا الباب. ومن المعروف أن البابليين قد درسوا خمسة وعشرين قرناً قبل الخوارزمي مسائل من الدرجة الأولى والثانية ، ومن المعروف أيضاً أن كتاب "الأصول" لإقليدس يحتوي على أعمال هندسية لمسائل من الدرجة الثانية ، أرجعها الرياضيون العرب لأول مرة - مثل ثابت بن قرة - إلى معادلات جبرية ، ومن المعروف كذلك أن ديوفنطس الإسكندراني في كتابه عن المسائل العددية قد بحث في المسائل من الدرجة الثانية العديدة ، بل من درجات أعلى ، تصل إلى التاسعة ، ومع ذلك لم يسبق أحد الخوارزمي في تصور علم جديد ، أي الجبر، اقتضى تأسيسه هدم الاقتصار على لوغريتميات الحلول كالبابليين، وعلى العمل الهندسي الصرف للمسائل كإقليدس ، وعلى الحل العددي للمعادلات كديوفنطس ، بل اقتضى بناء الجبر كعلم، وصياغة الخوارزمي نظرية المعادلات.

أما خلفاء الخوارزمي ، فلقد اتجهوا جهة تطوير الحساب الجبري المجرد ، وقد أدى هذا الاتجاه إلى خلق جبر متعددات الحدود، وخف الاهتمام بنظرية المعادلات الجبرية في نفسها. وبين كتاب "الفخري" للكرجي، تمثيلاً لا حصراً، أن نظرية المعادلات الجبرية عادت لا تحتل مكان الصدارة . فمن المعروف أن الجبريين من أمثال سنان بن الفتح والكرجي درسوا معادلات الدرجة الثانية بصورة عامة. ومما لم يكن معروفاً من قبل أن الجبريين من خلفاء الكرجي حاولوا حل معادلة الدرجة الثالثة بطريقة جبرية ، فعادة ما كانت تُنسب مثل هذه المحاولات إلى الرياضيين الإيطاليين من القرن الرابع عشر الميلادي.

و شرح أبو الحسن على أبو المسلم بن محمد على بن الفتح السلمي اهتمام الرياضيين بالحل الجبري لمعادلة الدرجة الثالثة وتوقفهم دونه. وبالنظر إلى ما ذكره أبو الحسن على أبو المسلم بن محمد على بن الفتح السلمي، يتبين لرشدی راشد أن ذلك النوعين من المعادلات هما :

$$x^3 + bx = ax^2 + c \quad x^3 + ax^2 + bx = c$$

ويسلم السلمي أن $a^2 = 3b$ ، ثم يستخرج جذراً موجباً لكل واحدة من المعادلتين :

$$x = \left(\frac{a^3}{27} + c\right)^{\frac{1}{3}} - \frac{a}{3} \quad x = \left(c - \frac{a^3}{27}\right)^{\frac{1}{3}} + \frac{a}{3}$$

ومن ثم فأبو الحسن على أبو المسلم بن محمد على بن الفتح السلمي يرجع المسألة - باستعمال تحويل أفيني - إلى "الصورة المرجعية". ولكن بدلاً من محاولة تحديد "المميز" ، فإنه يعادل معامل المجهول ذي القوة الأولى صفراً ، وذلك ليردّ المسألة إلى استخراج جذر تكعيبي. فهو يلجأ في المعادلة الأولى من الاثنتين السابقتين إلى التحويل الأفيني :

$$x \rightarrow y - \frac{a}{3},$$

ومن ثم ترجع المعادلة إلى معادلة من الصورة :

$$y^3 + py - q = 0$$

$$\text{مع } p = b - \frac{a^2}{3}, q = c + \frac{a^3}{27} + \left(b\frac{a}{3} - \frac{a^3}{9}\right), \text{ فإذا فرضنا } b = \frac{a^2}{3}, \therefore y^3 = c + \frac{a^3}{27} \text{ ومنه قيمة } x .$$

هذه هي أهم الاتجاهات في نظرية المعادلات في الجبر الحسابي. وأصبحت نظرية المعادلات في الجبر الحسابي هي إحدى فصول ذلك الجبر. وبدأ الرياضيون المسلمون بإنشاء علاقات جديدة بين الجبر والهندسة.

ففى القرن الرابع الهجرى (القرن العاشر الميلادى) بخاصة ترجم رياضيون عدة مسائل مجسمة التى لا يمكن عملها بالمسطرة والفرجار بلغة الجبر، لأول مرة فى تاريخ الرياضيات ، وترجمت مسألة تقسيم الزاوية ثلاثة أقسام ، ومسألة إيجاد خطين بين خطين لتتوالى الأربعة متناسبة ، وعمل المسبع فى الدائرة ، تمثيلا لا حصرا، إلى لغة الجبر ، أى تُرجمت إلى معادلات جبرية. ولم يكتف الرياضيون بترجمة تلك المسائل اليونانية بلغة الجبر بل أضافوا إليها مسائل أخرى من النوع نفسه وجدها علماء الهيئة ، مثل تحديد أوتار بعض الزوايا لعمل جداول الجيوب، ومن بين من شاركوا فى هذا الاتجاه : الماهانى ؛ والخازن ، والبيروني، وأبو نصر بن عراق.

ومن جهة أخرى حل الرياضيون المعادلات من الدرجة الثالثة بطريق غير الطريق الجبرى ، إذ لجئوا إلى ترجمة المعادلات الجبرية إلى لغة الهندسة ، وذلك حتى يمكنهم استعمال القطوع المخروطية وتقاطعها لحل تلك المعادلات. فلقد كانت هذه الوسيلة معروفة منذ الرياضيات الهلنسية وبعدها فى الرياضيات العربية عند القوهى وابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، لمعالجة المسائل المجسمة من دون المعادلات. وبدأ بعض المهندسين من أمثال أبى الجود بن الليث استعمالها لحل معادلة أو أخرى من معادلات الدرجة الثالثة.

ولعل أول صياغة نظرية حقيقية لهاتين الترجمتين -الترجمة الجبرية لمسائل الهندسة، والترجمة الهندسية للمعادلات الجبرية- ، أو لتلك العلاقات الجديدة بين الجبر والهندسة ، أو لهذا الجدل بين الجبر والهندسة الذى هو لب الرياضيات الكلاسيكية منذ بدايتها فى القرن الرابع الهجرى (القرن العاشر الميلادى) تقريبا ، هى صياغة أبى الفتح عمر الخيام .

قصد الخيام - على نقيض أسلافه - تجاوز المعالجة الجزئية إلى الصياغة النظرية. فهو لم يعالج هذه المسألة أو تلك كما حل أبو الجود بن الليث معادلة أو أخرى من معادلات الدرجة الثالثة. ولكن الخيام قصد تأسيس نظرية المعادلات من جديد. فليس لواحد من أسلاف الخيام، فى تعدد أصناف المعادلات وتحصيل أنواع كل صنف منها والبرهان عليها كلام يعتدّ به إلا صنفان ذكرهما الخيام. كان شديد الحرص على تحقيق جميع أصنافها وتمييز الممكن من الممتنع فى أنواع كل صنف ببراهين بسبب الحاجة إليها فى مشكلات المسائل. إن النظرية الجديدة هى نظرية للمعادلات الجبرية من الدرجات الثلاث الأولى، يدرس فيها العمل الهندسى لتحديد الجذور الموجبة. ولصياغة هذه النظرية، تصور الخيام العلاقة بين الجبر والهندسة بصورة جديدة. ولعل أهم تصور لتحديد تلك العلاقات هو تصور "وحدة القياس" . فلقد عرّفها الخيام فى إطار تصور "البعد"، مما أدى إلى تطبيق الهندسة على الجبر ، وصياغة أول نظرية هندسية للمعادلات الجبرية. وعلى نقيض الجبريين الحسابيين فى عصر الخيام، لا يعرض الخيام لأى فصل من تلك الفصول التى كان يتضمنها كل كتاب فى الجبر ، بل تلك التى كانت تحتل مكان الصدارة فى رسائل الجبر ، مثل دراسة القوى الجبرية،

ومتعددات الحدود والأعداد الصم الجبرية. صار الجبر نظرية في المعادلات. وصار الجبر علم المعادلات الجبرية. وعرض الخيام لمفهوم العظم الجبري ليعرف مفهوم وحدة القياس، ثم للمعادلات اللازمة، ولتصنيف معادلات الدرجات الثلاث الأول ، ثم للنظر إلى المعادلات ذات الحدين من الدرجتين الثانية، ثم إلى ذات الحدود الثلاثة من الدرجتين الثانية والثالثة ، ثم إلى ذات الحدود الأربعة من الدرجة الثالثة، ثم إلى تلك التي تتضمن عكس المجهول. وانتهى الخيام إلى فئتين من النتائج المهمة في تاريخ الجبر، تنسبان إلى رنيه ديكرت:

١- الحل العام لكل معادلات الدرجة الثالثة ، باللجوء إلى تقاطع مخروطين؛

٢- صار الحساب الهندسي ممكناً نتيجة لتعريف "الوحدة" في كل بُعد من الأبعاد الثلاثة : الطول والسطح والجسم.

فلقد اجتهد الخيام في الحل العددي لمعادلة الدرجة الثالثة. ووصل الخيام إلى حل عددي تقريبي باستعمال جداول حساب المثلثات. وذلك في النصف الأول من القرن الخامس الهجري. ولقد ظن عدد من المؤرخين أن مساهمة الرياضيين العرب في نظرية المعادلات لا تتجاوز حدود إسهام الخيام. وعلى هذا فلم يلبث الطريق الذي بدأه الخيام أن انقطع. ولقد اعتقد رشدي راشد أن مساهمة الرياضيين العرب في نظرية المعادلات تجاوزت حدود إسهام الخيام. وعلى هذا فلم يلبث الطريق الذي بدأه الخيام أن اتصل في بحوث شرف الدين الطوسي، وشرف الدين المسعودي الذي ألف كتاباً في نظرية المعادلات ، يتضمن معادلات الدرجة الثالثة ، وشهد بهذا كمال الدين الفارسي ومن تبعه مثل جمشيد الكاشي واليزدي وغيرهم. وقال كمال الدين الفارسي إنه لم يُنقل من الأولين إلا مسائل ست ، ولا من المتأخرين إلا شرف الدين المسعودي ، فقد نُقل أنه بيّن استخراج الشيء في تسع عشرة مسألة غير المسائل الست. وأورد كمال الدين الفارسي أن الإمام شرف الدين المسعودي استخراج تسع عشرة مسألة غير المسائل الست المشهورة ، وبين كيفية استخراج المجهول منها. واستخرج شرف الدين المسعودي تسع عشرة مسألة غير المسائل الست المذكورة وبين كيفية استخراج المجهول منها. ومن المعروف أن شرف الدين المسعودي من تلاميذ الخيام، فهو من الجيل السابق على جيل الطوسي. من هنا قطع رشدي راشد باهتمام رياضي القرن السادس ، من خلفاء الخيام ، بنظرية المعادلات في فترة اشتها الطوسي أو قبلها، بعد الخيام مباشرة.

افتتح شرف الدين الطوسي رسالته بدراسة القطوع المخروطية الضرورية. فدرس القطع المكافئ والقطع الزائد وصاغ معادلة كل منهما بحسب محاور معينة. ثم عرض لبعض الأعمال الهندسية التي يلجأ في حلها إلى تلك المعادلات . وافترض الطوسي في رسالته معرفة القاري بمعادلة الدائرة. بعد ذلك صنف المعادلات من الدرجات الثلاث الأول. ولم يبين الطوسي معياراً داخلياً لهذا التصنيف بل شيد معياراً خارجياً. لم يقتصر

-كما اقتصر الخيام من قبله- بدرجة متعددة الحدود المقترن بالمعادلة ، ولا بعدد الحدود التى يتضمنها متعدد الحدود ، بل أخذ بوجود أو عدم وجود الجذور الموجبة، وهى الجذور المعترف بها فى تلك الفترة. من هنا فرقت مشكلة "الوجود" بين الطوسى وبين عمر الخيام. وقارب الطوسى فى الجزء الأول حل عشرين معادلة. وعند دراسة كل منها يعمل الطوسى كالخيام من قبل العمل الهندسى للجذر ، وهذا بتقاطع قطعى مخروط أو تقاطع قطع مخروط ودائرة. ولم يبحث الطوسى عن الحل الجبرى ولا عن معادلات الدرجة الثانية وحسب، ولم ينس أن يبحث عن العلاقة بين الجذور والمعادلات لمعادلة الدرجة الثانية ذات الجذرين الموجبين. ولقد درس الطوسى كذلك المعادلات التى يمتنع إرجاعها إلى معادلات أخرى من بين تلك العشرين معادلة ، ودرس الحل العددي لكل منها ، واستثنى من ذلك الحل العددي للمعادلات المفردة، أى باستخراج الجذر التربيعي والجذر التكعيبي. وللوصول إلى ذلك الحل العددي لمعادلات الدرجة الثانية والثالثة لم يعمم الطوسى منهج روفينى - هورنر لاستخراج جذور الأعداد على استخراج جذور المعادلات وحسب ، بل صاغ نظرية رياضية كاملة للتأسيس النظرى لمنهج روفينى - هورنر. ومع ما تضمنته نظرية الخيام الرياضية من أخطاء - فالمسألة لا تقبل الحلّ العام حتى اليوم- فإنها أدت إلى بحث عميق فى متعددات الحدود. وهدف شرف الدين الطوسى فى نظريته هو بيان أسس تحديد أرقام الجذر الموجب للمعادلة ، أو أكبر جذر موجب إن كان هناك أكثر من واحد. وتبدأ المسألة عند تحديد الرقم الأول من الجذر. وفكرة الطوسى هى التالية : فبدلاً من اللجوء إلى كل الحدود ، علينا استعمال عدد محدود منها ، ومن ثم محاولة التعرف على "متعدد حدود مهيمن". أما تحديد الأرقام الأخرى فيقوم على استعمال "مشتق" متعدد الحدود.

وهكذا بعد أن درس معادلات الدرجة الأولى والثانية ومعادلة $x^3 = c$ ، يعالج الطوسى سبع معادلات من الدرجة الثالثة لكل منها جذر موجب. أما جذورها السلبية فمهملة. فهو كمعاصريه وكخلفائه لا يقر بوجود جذور سلبية. ولدراسة معادلات الدرجة الأولى والثانية ومعادلة $x^3 = c$ ، يختار الطوسى قطعين مخروطيين أو بصورة عامة مُنحنيين من الدرجة الثانية. وبين الطوسى بعد ذلك الخصائص الهندسية لتلك المنحنيات، وأنها تتقاطع على نقطة يحقق إحداثيها السيني المعادلة. ولجأ الطوسى إلى معادلات المنحنيات من جهة ، وكذلك لاتصال المنحنيات وتعغيرها.

وينتهى هذا الجزء بدراسة المعادلة ذات المعاملات الموجبة :

$$x^3 + bx = ax^2 + c$$

وهى ذات ثلاثة جذور موجبة. وهنا يتبع الطوسى الخيام ، ولا يستخرج إلا جذراً واحداً. وقراءة الجزء الأول من رسالة الطوسى تدل على عمل الجذور الموجبة للعشرين معادلة الأولى، والتى أرجع إليها ما تبقى من المعادلات بالتحويلات الأفينية. ففى عمل الجذور الموجبة للعشرين معادلة الأولى، تابع الطوسى الخيام فى

إغناء هذا الفصل الجديد في عمل الجذور أو بنائها، إلا أنه - على نقيض الخيام - يحرص على البرهان على وجود نقط التقاطع من جهة ، ويدخل من جهة أخرى مفاهيم عدة - مثل التحويلات الأفينية ، أو بُعد نقطة عن خط - مما له أهمية خاصة في الجزء الثاني من كتاب الطوسي.

وفي الجزء الثاني والأخير من كتاب الطوسي عن المعادلات، قارب الطوسي المعادلات الخمس الباقية والتي قد لا يكون لها أي جذر موجب وهي :

$$x^3 + c = ax^2, x^3 + c = bc, x^3 + ax^2 + c = bx,$$

$$x^3 + bx + c = ax^2, x^3 + c = ax^2 + bx.$$

وعلى نقيض الخيام ، كان من واجب الطوسي - لاهتمامه بالبرهان على وجود الجذور الموجبة - أن يبحث عن أسباب اختفائها وعلة ذلك. ولقد أدت هذه النظرة الجديدة إلى تغيير المشروع العلمي نفسه واكتشاف وسائل تحليلية لمقاربة المعادلات. وقد لخص رشدي راشد في اللغة الرياضية الحديثة دراسة الطوسي للمعادلة:

$$ax^2 = x^3 + c$$

وقد أعاد رشدي راشد كتابتها على الصورة التالية :

$$(1) c = x^2(a-x)$$

وافترض :

$$(2) f(x) = x^2(a-x)$$

وعدد الطوسي الحالات التالية :

$c > 4a^3/27$ فاستحالت المسألة عند الطوسي، أي أنها لها جذراً سالباً.

$c = 4a^3/27$ حيث استخرج الطوسي الجذر المزدوج $x_0 = 2a/3$ ، ولكن الطوسي لم يقر بالجذر السالب. $c > 4a^3/27$ حيث استخرج الطوسي جذرين موجبين للمعادلة : $0 < x_1 < 2a/3 < x_2 < a$

و درس الطوسي بعد هذا "العدد الأعظم" فيرهن علي:

$$(3) f(x_0) = \frac{SUP}{0 < z < a} f(x)$$

$$\text{مع : } x_0 = \frac{2a}{3}$$

$$\text{ولهذا برهن أولاً : } x_1 > x_0 \rightarrow f(x_1) < f(x_0)$$

$$\text{ثم برهن بعد ذلك : } x_2 < x_0 \rightarrow f(x_2) < f(x_0)$$

و استنتج من الخطوتين (٣) .

$$\text{ولكى يجد الطوسى } x_0 = \frac{2a}{3} \text{ حل المعادلة : } f'(x) = 0$$

$$\text{وقام الطوسى بعد ذلك بحساب "العدد الأعظم" : } f(x_0) = f\left(\frac{2a}{3}\right) = \frac{4a^3}{27}$$

ثم واصل الطوسى بحثه، فاستخرج الجذرين الموجبين بالنهج التالي: لاستخراج x_2 ، افترض $x_2 = x_0 + x$

وهذا التحويل أدى إلى المعادلة التالية التى سبق حلها : $x_3 + ax_2 = k$

$$\text{وفيها : } k = c_0 - c \frac{4a^3}{27} - c$$

ولقد أسس الطوسى لهذا التحويل الأفينى. ولاستخراج الجذر الموجب الثانى، سلك المسلك نفسه فافترض $x_1 = x + a - x_2$ وأدى هذا التحويل إلى معادلة أخرى سبق أن حلها. وتحقق الطوسى من $x_1 \rightarrow x_0$ و $x_1 \rightarrow x_2$ وأسس لهذا التحويل الأفينى . أما الجذر السالب الباقى فلا يعرض له الطوسى. إذا أسس الطوسى لصيغة "المشتق". ولقد ظهرت من قبل عند حل الطوسى العددى للمعادلات. وظهرت عند البحث عن "العدد الأعظم" فى الجزء الثانى من رسالته. وفى كلتا الحالتين -الحل العددى للمعادلات، والبحث عن "العدد الأعظم" - اقتصر الطوسى على تطبيق صيغة "المشتق" من دون التأسيس النظرى لها. ومن ثم ظهرت فى رسالة الطوسى لأول مرة فى تاريخ الرياضيات الفكرة التالية : تحديد النهايات القصوى للعبارات الجبرية ، ودراسة تغير توابع متعددة الحدود فى جوار النهاية القصوى ، لحسابها. لا يتعلق الأمر، عند الطوسى - على نقيض الرياضيات اليونانية والعربية، أرشميدس، القوهي - بمساحات وحجوم قصوى ، بل يتعلق البحث بتوابع متعددة الحدود. ولم يقف الطوسى عند هذه النتائج بل ظفر بنتائج أخرى عديدة ، ذكر رشدى راشد منها معرفته بأن متعدد الحدود $p(x)$ يقسمه $(x-r)$ إذا كان r جذراً للمعادلة $p(x)=0$. إذن يحلل الطوسى فى الجزء الثانى من الرسالة. ويتبع الاتجاه السائد فى التحليل. فالحساب جبرى صرف. والأشكال الهندسية تعين

التصور. ولكن هناك عقبتين حالتا دون أن يكون لهذه الرسالة ما استحقته من أثر في تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها:

١- غياب الأعداد السلبية وعدم الإقرار بها؛

٢-العجز عن الوصول إلى اللغة الرمزية.

فلقد أدى غياب الأعداد السلبية إلى تعدد الحالات للعملية الواحدة. كما أدى غياب اللغة الرمزية إلى طول العبارة وغموضها. مع ذلك ورث خلفاء الطوسي منهجه في الحل العددي للمعادلات - أى ما يُسمى بمنهج روفيني - هورنر - أما نتائج الجزء الثانى من رسالته ، وأسلوبه الرياضى الجديد ، الذى يعكس اكتشاف الطوسى للبحث "المحلي" ، أى فى جوار النقطة ، فقد أوردها فى القرن السابع عشر ، الرياضى الفرنسى بيار فرما بخاصة. فلا مفرّ لمؤرخ الهندسة الجبرية أو التحليلية من البدء بإسهام عمر الخيام وشرف الدين الطوسى بوجه خاص.

٢-٤- ثنائية الجبر والهندسة ووحدهما

سبق أن أشرنا إلى أن الطوسى لم يقتصر على بعض النتائج بل ظفر بنتائج عديدة ، ذكر رشدى راشد منها معرفته بأن متعدد الحدود $p(x)$ يقسمه $(x-r)$ إذا كان r جذراً للمعادلة $p(x)=0$. إذن حلل الطوسى فى الجزء الثانى من الرسالة. ويتبع الاتجاه السائد فى التحليل. فالحساب جبرى صرف. والأشكال الهندسية تعين التصور. ولكن هناك عقبتين حالتا دون أن يكون لهذه الرسالة ما استحقته من أثر فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها:

١- غياب الأعداد السلبية وعدم الإقرار بها؛

٢-العجز عن الوصول إلى اللغة الرمزية.

فلقد أدى غياب الأعداد السلبية إلى تعدد الحالات للعملية الواحدة. كما أدى غياب اللغة الرمزية إلى طول العبارة وغموضها. مع ذلك ورث خلفاء الطوسي منهجه في الحل العددي للمعادلات - أى ما يُسمى بمنهج روفيني - هورنر - أما نتائج الجزء الثانى من رسالته ، وأسلوبه الرياضى الجديد ، الذى يعكس اكتشاف الطوسى للبحث "المحلي" ، أى فى جوار النقطة ، فقد أوردها فى القرن السابع عشر ، الرياضى الفرنسى فرما بخاصة. حددت مزاجية الجبر والهندسة مجالا واسعا فى الرياضيات. ولم تقتصر نتائج مزاجية الجبر والهندسة على الرياضيات بل طالت الفكر الكلاسيكى كله. فمن جهة، استوعب رشدى راشد الأدوات المتبعة

فى توافق الهندسة الجبرية بالهندسة التفاضلية فى ذلك الوقت. ومن جهة أخرى، رسم رشدى راشد حدود ظاهرة جديدة لموضوع الرياضيات. إن إنكار إسهامات رياضى القرن السابع عشر الميلادى من خلال ردّها إلى أعمال سابقة ، لا يقل خطورةً، فى تقدير رشدى راشد، عن اعتبار إسهامات أسلاف رياضى القرن السابع عشر الميلادى وكأنها منجزات رياضى القرن السابع عشر الميلادى . فمن يرى إسهامات رنيه ديكارت فى كتاب "المخروطات" لأبولونيوس (APOLLONIUS) حيث لا أثر واضح للجبر إنما يحجب نظره عن رؤية العلاقة بين الجبر والهندسة. وفى المقابل ، فإن رد بداية البناء الهندسى للمعادلات إلى أعمال رنيه ديكارت يحجب الرؤية عن تجديد رنيه ديكارت نفسه. بهذا المعنى يدعو رشدى راشد إلى العودة إلى ما قبل ديكارت وفرما. ومنذ ظهور كتاب الخوارزمى فى بداية القرن التاسع الميلادى، سعى عدد كبير من الرياضيين إلى توسيع الجبر. ومن بين هؤلاء من قادتهم أبحاثهم إلى قضية لم يكن من الممكن تصوُّوها قبل تشكّل الجبر. هذه القضية كانت شرط الترجمة المزدوجة :

١- ترجمة مسألة هندسية إلى مسألة دراسة معادلة جبرية بمجهول واحد وحلها ؛

٢- تحويل حل معادلة جبرية - بخاصة معادلة من الدرجة الثالثة - إلى بناء هندسى ، وذلك من خلال ترجمة هندسية ، أى من خلال المنحنيات.

وليس بالإمكان تصوّر هذه الترجمة المزدوجة إلا لدى رياضيين جبريين. لذلك ليس بالإمكان أن ترجع بداية هذه الترجمة المزدوجة إلى ما قبل القرن العاشر الميلادى. وقدم الخيام هذه الترجمة. ظهرت بدايات هذه الترجمة، إذن ، مع تشكّل علم الجبر. إلا أنها لم تتمكن من فرض نفسها من دون الصدام بنوعين من العقبات التقنية :

١- حل المسائل المجسمة الموروثة التى لا تحل من خلال المسطرة والفرجار ، كمسائل "عمل المسبّع فى الدائرة" و"تثليث الزاوية" - تقسيمها إلى ثلاثة أجزاء متساوية - ومسألة "المتوسطين" - إيجاد خطين بين خطين لتتوالى الأربعة متناسبة -؛ كما مسألة تحديد أوتار بعض الزوايا بهدف بناء جداول الجيوب ؛ وفى كلتا الحالتين عمد الرياضيون -الماهانى ، الخازن ، البيرونى ، وأبو نصر بن عراق- إلى تحويل المسألة الهندسية إلى مسألة جبرية وهى حل معادلة تكعيبية.

٢- صعوبة حل المعادلة التكعيبية من خلال استخراج الجذور.

وأمام هذه العقبات اضطر رياضيون من أمثال الخازن ، أبى نصر بن عراق وأبى الجود بن الليث لطرح مسألة البناء "الهندسي" لجذور بعض المعادلات التكعيبية. وفى مواجهة هذه المعادلات ، طبق الرياضيون تقنية

المسائل المجسمة وهي تقنية تقاطع المنحنيات المخروطية. هذه التقنية اليونانية القديمة، استخدمها رياضيو القرن العاشر الميلادي، أمثال القوهي وابن الهيثم. وهكذا تحولت الترجمة المزدوجة من تقنية بسيطة إلى وسيلة عملية لمشروع علمي عند الخيام (١٠٤٨ - ١١٣١م)، الذي حاول المحاولة الأولى لإرساء قواعد هذه الترجمة المزدوجة. هذا الواقع كان قد أصبح معروفاً في منتصف القرن التاسع عشر الميلادي. فعندما ترجم المؤرخ ف. وبكيه *F. WOEPCKE*، للمرة الأولى، رسالة الخيام في الجبر كان من المعروف أن الخيام سعى لإعادة التفكير في العلاقة بين الجبر والهندسة. كان الخيام أول من حاول تطبيق الجبر على الهندسة، وأول من حاول تطبيق الهندسة على الجبر، كما أن أسلاف الخيام أرسوا قواعد صلة الحساب بالهندسة، مما أسهم في تطوير الرياضيات. أراد الخيام أن يتجاوز إطار البحث المرتبط بحل هذه الصورة أو تلك من صور المعادلة التكعيبية، لكي يشرع في بناء نظرية المعادلات، ويصوغ من خلالها نموذجاً للبحث. هذه النظرية الجديدة هي نظرية المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة وما دون، حيث تدرس معادلات الدرجة الثالثة من خلال المنحنيات المخروطية بهدف إيجاد جذورها الموجبة. وكان التصور الأساس بالنسبة إلى الخيام، هو تصور وحدة القياس. وقد أسس تصور وحدة القياس وتصور البعد (*DIMENSION*)، لتطبيق الهندسة على الجبر. وأسس هذا المشروع المزدوج لنظرية المعادلات الجديدة، التي تعدت الحدود بين الجبر والهندسة. وبدأ الجبر لدى الخيام مقصوراً على مسألة المعادلات الجبرية. هذه المسألة لم تحتل في الأعمال الجبرية السابقة سوى موضعاً متواضعاً. هكذا، إذن، أزاح الخيام من دراسته الجزء الذي اعتاد أن يحتل الموضع المركزي في أي عمل جبري معاصر للخيام: دراسة القوى الجبرية، ومتعددات الحدود والعمليات التطبيقية، والأعداد الصماء الجبرية، وغيرها من الدراسات الجبرية. فلم يتصور الخيام مشروعاً جديداً وحسب، بل أنشأ نموذجاً للبحث يتوافق مع هذا المشروع. إنه يبدأ بمناقشة تصور "العظم" لكي يصل إلى تعريف وحدة القياس. ومن ثم قدم تصنيفه الخاص للمعادلات وطرح المقدمات الضرورية، لكي يقارب معادلات الدرجة الثانية ذات الحدين، معادلات الدرجة الثانية ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة رباعية الحدود والمعادلات المتعلقة بمقلوب المجهول. واستخلص الخيام نتيجتين محددتين:

١- حل عام لمجمل معادلات الدرجة الثالثة من خلال تقاطع قطعي مخروطيين؛

٢- حسابات هندسية من خلال انتقاء وحدة قياسية للأطوال.

حاول الخيام صياغة حلّ عددي تقريبي للمعادلة التكعيبية من خلال جداول علم المثلثات. هكذا، إذن، في القرن الحادي عشر الميلادي، بدأ تشكّل فصل جديد حتى القرن الثامن عشر الميلادي لبناء المعادلات الجبرية. وصنف الخيام المعادلات بحسب درجتها وعدد حدودها. عند هذا الحد، توقفت منذ القرن التاسع

عشر الميلادي، البحوث التاريخية بشأن العلاقات بين الجبر والهندسة. ففي نظر المؤرخين شكلت مساهمة الخيام آخر ما قدمه الرياضيون العرب في موضوع العلاقات بين الجبر والهندسة. فعمل الخيام بداية العلاقات بين الجبر والهندسة ونهايتها في الوقت نفسه. فهذا التعبير النظري الأول عن مسألة البناء الهندسي للمعادلات الجبرية ظهر وكأن الرياضيين العرب لم يتابعوه. على هذا الأساس ظهر عمل الخيام من دون مستقبل. لكن ، منذ نحو منتصف العقد الثامن من القرن العشرين، استطاع رشدي راشد أن يصحح هذه الصورة وأن يبرهن أن الخيام لم يكن مفتتحاً لتراث بل كان له خلف في القرن الثاني عشر الميلادي، هو شرف الدين الطوسي. كان اهتمام المؤرخين بشرف الدين الطوسي يعود إلى إسطرلابه الخطي - "عصا الطوسي" الشهيرة- لكن رسالته عن المعادلات لم تدرس ولم تترجم. لم يكن هذا العمل موضوع أية دراسة قبل رشدي راشد. فالطوسي بحث عن النهايات العظمى للتعبير الجبرية ، كما فصل الجذور وعين حدودها. وتسببت في صعوبة قراءة نص الطوسي الحسابات الطويلة التي اقتضاها إدخال المفاهيم باللغة الطبيعية. كذلك حذف "المجهول" جداول ضرورية لنتائج العمليات الحسابية العددية بأكملها من النص ، وارتكب أخطاء عدة. لكن نهج الطوسي نهجا موضعيا تحليليا وليس شموليا وجبريا وحسب كما كان نهج الخيام.

٢-٥- النظرية الهندسية للمعادلات ونشأة التصورات التحليلية

طبق الطوسي مفاهيم جديدة من دون أي تقديم نظري سابق. عمد إلى اشتقاق العبارات المتعددة الحدود من دون أن يحدد المشتق أو حتى أن يسميه، تمثيلا لا حصرا. استهل الطوسي رسالته بدراسة منحنين مخروطيين، وهما القطع المكافئ والقطع الزائد. هذان المنحنيان، فضلا عن الدائرة، هي المنحنيات التي يدرسها الطوسي، حصراً. فيبدو أن الطوسي يفترض بالقارئ في عصره الاعتياد على دراسة معادلة الدائرة - قدرة نقطة بالنسبة إلى الدائرة. فقد استعمل هذا الجزء التمهيدى لكي يجد معادلة القطع الزائد المتساوى الأضلاع بالنسبة إلى نظامين من المحاور. واكتفى بمخروط ذي زاوية رأسية قائمة لكي يحصل على المنحنيات. من هنا تميز بحث الطوسي عن كتابات أخرى عديدة خصصها رياضيو عصره للقطع المخروطية.

بعد ذلك صنف المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. لم يعتمد معياراً داخلياً ، كما سبق أن اعتمد الخيام، بل اعتمد معياراً خارجياً ، في هذا التصنيف . فبينما رتب الخيام المعادلات على أساس من عدد حدودها ، اختار الطوسي تراتبيتها بحسب وجود ، أو غيبة، جذور موجبة لها . ويعنى ذلك أن المعادلات تنتظم بحسب احتوائها ، أو عدم احتوائها ، لـ "حالات مستحيلة". تبعاً لهذا التقسيم اقتصر الطوسي على تقسيم رسالته إلى جزأين.

فى الجزء الأول يدرس الطوسى مسألة حلّ عشرين معادلة. وفى كل من هذه الحالات عمد إلى البناء الهندسى للجذور وإلى تحديد المميز، فى المعادلات التربيعية ، ثم عمد إلى الحل العددى من خلال ما سُمى بعد ذلك بطريقة روفينى - هورنر. لقد طبق هذه الطريقة على المعادلات المتعددة الحدود وليس فقط لاستخراج جذور عدد ما. يفترض الطوسى بالقارئ معرفة هذه الطريقة لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية. وكانت هذه الطريقة معروفة فى القرن الحادى عشر الميلادى. ففى عصر الطوسى، كانت هذه الطريقة تستعمل لاستخراج الجذور النونية لعدد صحيح. من هنا نهضت عناصر نظرية المعادلات فى القرن الثانى عشر الميلادى بحسب التراث الذى أرساه الخيام على ما يلى :

١- بناء هندسى للجذور؛

٢- حل عددى للمعادلات؛

٣- حل معادلات الدرجة الثانية من خلال الجذور؛

٤- الحل على أساس من البناء الهندسى.

صارت العلاقات بين نظرية المعادلات وبين الجبر الحسابى كما قدّمه نهج الكرجى، علاقات هشة. وكانت أعمال السّلمى مثالا دالاً على الجبر الحسابى فى ذلك العصر. فلقد درج الجبريون الحسابيون على تخصيص جزء متواضع من عملهم لنظرية المعادلات التربيعية، وعندما كانوا يدرسون المعادلة التكعيبية كانوا يحاولون حلها من خلال الجذور. هذا الواقع الحديث أظهر المسافة التى قطعها الطوسى فى هذا المجال. ففى الجزء الأول من رسالته . وفى تصور جديد لنظرية المعادلات ، لم يعتمد الطوسى حلاً من خلال الجذور للمعادلة التكعيبية. أما فى الجزء الثانى، فقد عارض البحث فى هذا الاتجاه. فى الجزء الأول ، وبعد دراسته لمعادلات الدرجة الثانية وللمعادلة $x^3 = c$ ، درس الطوسى ثمانى معادلات من الدرجة الثالثة. لكل من المعادلات السبع الأولى منها جذر موجب واحد ، أما فى حال وجود جذر سالب فقد كان الطوسى لا يعترف به. ولدى دراسة كل من هذه المعادلات ، كان يختار منحنين (أو قسمين من منحنين) من الدرجة الثانية. وكان يبرهن برهاناً هندسياً أن أقواس هذين المنحنين لها نقطة التقاء تحقق إحداثيتها السينية المعادلة المدروسة (كان من الممكن وجود نقاط التقاء أخرى) . الخصائص الهندسية التى قدّمها الطوسى كانت إلى حدّ ما خصائص مميزة للمعطيات التى يختارها ، تؤدى بالتالى إلى معادلات المنحنيات المستعملة. وبفضل استعمال تعابير الـ "داخل" والـ "خارج" استدعى الطوسى تواصل المنحنيات وتحديّها. واستطاع رشدى راشد، كما يلى ، ترجمة طريقته بالنسبة إلى المعادلة :

$$x^3 + bx = c : b > 0, c > 0;$$

درس الطوسى فى شرح رشدى راشد العبارتين :

$$f(x) = [x(\frac{c}{b} - x)]^{\frac{1}{2}} ; g(x) = \frac{x^2}{b^{\frac{1}{2}}}$$

وبرهن الطوسى أن وجود عددين a و β يحققان :

$$(f-g)(a) > 0 \quad (f-g)(\beta) < 0$$

ينتج عنه وجود $y \in]a, \beta[$ حقق $(f-g)(y) = 0$

أنهى الطوسى الجزء الأول بدراسة المعادلة التكعيبية الثامنة :

$$x^3 + bx = ax^2 + c ; a, b, c > 0.$$

وبالإمكان أن يكون لهذه المعادلة ثلاثة جذور موجبة. لكن الطوسى لم يضيف إلى الخيام شيئاً فى هذا المجال ، ولم يحدد بالتالى سوى واحد من هذه الجذور . ويبدو أنه على غرار الخيام لم يدرس سوى الحالة الأولى من الحالتين التاليتين:

$$a^2 - 3b < 0 \quad a^2 - 3b > 0$$

وعند قراءة الجزء الأول رأى رشدى راشد أن الطوسى درس ، كما درس الخيام ، البناء الهندسى للجذور الموجبة لهذه المعادلات العشرين. وهذا يغنى عن دراسة جميع المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. لأن المعادلات المتبقية يمكن إرجاعها إلى احدى المعادلات المدروسة من خلال تحويلات أفينية. وكان الطوسى يعتمد، كما اعتمد الخيام، البناء الهندسى المسطح عند إمكان تحول المعادلة إلى معادلة من الدرجة الأولى أو الثانية. كان الطوسى يعتمد البناء الهندسى من خلال اثنين من القطوع المخروطية الثلاثة المذكورة إذا كانت المعادلة تكعيبية. أما البناء الهندسية التى تتعلق بالمعادلات التكعيبية فكانت تدخل متوسطين هندسيين بين قطعتى مستقيم معطاتين. وفى الجزء الأول من الرسالة لم يختلف هدف الطوسى عن هدف الخيام، من جهة صياغة نظرية المعادلات من خلال الترجمة المزدوجة الجبرية - الهندسية. كانت وسيلة الطوسى والخيام الرئيسة هو البناء الهندسى للجذور الموجبة. فالطوسى لم يدرس ، تمثيلاً لا حصراً، المنحنيات المعروفة كلها، بل اقتصر على دراسة المنحنيات اللازمة لبنائه الهندسى للجذور. ومع أن الجزء الأول من "الرسالة" ، يتعلق

بمساهمات الخيام فقد أمكن رشدى راشد الكشف عن فروق بين الخيام والطوسى فى الجزء الثانى. فلقد برهن الطوسى على نقطة التقاء للمنحنيين المتعلقين بكل من المعادلات المدروسة. أما الخيام فلم يدرس مثل هذه الدراسة إلا فى سياق دراسة المعادلات العشرين ، كما أدخل الطوسى التحويلات الأفينية والمسافة من نقطة إلى مستقيم. وخصّص الطوسى الجزء الثانى من الكتاب لدراسة المعادلات الخمس التى تحوى "حالات مستحيلة" ، أى حالات لا يوجد فيها أى جذر موجب ، وهى المعادلات :

$$\begin{array}{ll} (21) x^3+c=ax^2; & (22) x^3+c=bx; \\ (23) x^3+ax^2+c=bx & (24) x^3+bx+c=ax^2; \\ (25) x^3+c=ax^2+bx & \end{array}$$

ولم يقتصر الطوسى على تسجيل "حالات مستحيلة" كما سبق أن سجل الخيام. فلقد دفعته دراسته لمسألة برهان وجود نقاط لالتقاء المنحنيات ، وبالتالي مسألة وجود الجذور ، إلى تمييز هذه الحالات ومعرفة أسبابها. إن اعتراض هذه المسألة التقنية وما نجم عنها من تساؤل ، هو بالتحديد ما قاد الطوسى إلى القطع مع نهج الخيام وإلى تعديل مشروعه الأساسى. وأمكن رشدى راشد كتابة المعادلات الخمس السابقة فى الصورة الحديثة $f(x) = c$ ، حيث f دالة متعددة الحدود. ولكى يميز الطوسى الحالات المستحيلة ويحددها ، كان على الطوسى دراسة التقاء المنحنى الذى يمثل $y = f(x)$ مع المستقيم $y = c$. كان "المنحنى" يعنى، عند الطوسى، القسم من هذا المنحنى المتمثل بالجزء :

$$y = f(x) > 0 \quad \text{و} \quad x > 0$$

وهو جزء من المنحنى يمكن عدم وجوده. ولا معنى لها إلا فى $x > 0$ وكون $f(x) > 0$ وإنه فى كل حالة من الحالات كان يضع الشروط التى تكون ضمنها $f(x)$ موجبة قطعاً. ففى المعادلة (21) وضع الشرط $0 < x < a$ ، وفى المعادلة (22) الشرط $0 < x < b$ ، ويحدد هذا الشرط نفسه فى المعادلة (23) مع أنه لا يكفي. ومع أن الطوسى فى المعادلات (24) و(25) لم يحدد فى البداية مثل هذه الفسحة التى ينحصر ضمنها x ، إلا أنه يحدد مثل هذه الفسحات عندما يشرع فى دراسة "حصر الجذور". ودرس شرف الدين الطوسى إذا العلاقة بين وجود الحلول ووضعيات الثابت c بالنسبة إلى النهاية العظمى للدالة المتعددة الحدود . وفى هذا السياق أدخل الطوسى تصورات جديدة ، ووسائل جديدة ولغة جديدة، وكائناتاً رياضياً جديداً. وبدأ الطوسى بإدخال تصور النهاية العظمى لعبارة جبرية معينة ، وهو ما أشار إليه بـ "العدد الأعظم". وبافتراض أن $f(x_0) = c_0$ هى هذه النهاية العظمى، فإنها أعطت النقطة (x_0, c_0) . بعد ذلك حدد الطوسى جذور $f(x)=0$ ، أى تقاطع المنحنى $f(x)$ مع المحور السيني. من ثم خلص إلى استنتاج حصر جذور المعادلة $f(x) = c$. والطوسى ، إذن ، حصر كل المسألة فى قضية وجود القيمة x_0 التى تعطى النهاية العظمى $f(x_0)$ لذلك اعتمد معادلة لا

تختلف إلا من حيث شكل الكتابة مع المعادلة $f'(x)=0$ ، وقبل مواجهة مسألة المشتق، استحسن رشدي راشد أن يسجل التغير في منحى عمله وإدخال التحليل الموضوعي. واستعرض رشدي راشد نتائج الطوسي.

بالنسبة إلى معادلة (21) يوجد للمشتق جذران هما الصفر و $\frac{2a}{3}$ مما يعطى بالتتالي نهاية صغرى هي $f(0)$ ونهاية عظمى هي $c_0 = f(\frac{2a}{3})$. من جهة أخرى يوجد للمعادلة $f(x)=0$ جذر مزدوج هو $\lambda_1 = 0$ وجذر موجب $2=a$. يستنتج الطوسة ، إذن ، أن ، فى حال كون $c < c_0$ ، يكون للمعادلة (21) جذران موجبان x_1 و x_2 يحققان العلاقة : $\lambda_1 = 0 < x_1 < x_0 < x_2 < a = 2$

ولاحظ رشدي راشد أن لهذه المعادلة جذراً ثالثاً سالباً x_3 لم يأخذه الطوسي بالاعتبار .

المعادلات (22) ، (23) و (25) يعتمد الطوسي تحليلاً مشابهاً . وفى هذه الحالات الثلاث يكون للمشتق جذران أحدهما سالب والآخر موجب. الجذر الموجب x_0 يعطى النهاية العظمى $c_0=f(x_0)$ ويكون للمعادلة $f(x)=0$ ثلاثة جذور بسيطة (مختلفة) أحدها سالب والآخران هما $\lambda_1 = 0$ و 2 ؛ وهذا ما يوصله إلى النتيجة التى توصل إليها سابقاً . وأما فى المعادلة (24) ، فنتشأ مشكلة. لأن القيمة العظمى $f(x_0)$ قد تكون سالبة. وهنا يفترض الطوسي شرطاً إضافياً لئلا يصادف إلا الحالة $f(x_0) > 0$ وينهج من ثم كما انتهج فى المعادلات السابقة. عند ذلك يكون للمعادلة $f'(x)=0$ جذران موجبان x_0, x_1 يوجد إذن بالتتالي نهاية صغرى سالبة ونهاية عظمى موجبة. ولا يأخذ الطوسي فى الاعتبار سوى الجذر x_0 فيحصل على $c_0=f(x_0)$ ومن جهة أخرى يكون للمعادلة $f(x)=0$ ، فى هذه الحالة، ثلاثة جذور ، الصفر و λ_1 و 2 ($0 < \lambda_1 < 2$) ، من هنا استنتج الطوسي أنه فى حالة كون $c < c_0$ ، يكون للمعادلة (24) جذران موجبان x_1 و x_2 بحيث $0 < \lambda_1 < x_1 < x_0 < x_2 < 2$

من هنا كان تصور "المشتق" مقصوداً لنفسه. وهى ليست المرة الأولى التى ترد فيها العبارة الجبرية للمشتق فى "الرسالة". فلقد أدخلها الطوسي لإنشاء طريقة حل عددى للمعادلات. لكنه فى كلتا الحالتين اكتفى بتوجيه التعليمات حول تطبيق طريقته من دون التنظير. بنى الطوسي حسابات على الحالات والدالات، وبخاصة المعادلات ٢١ و ٢٥، من دون التعميم. وهو المسلك نفسه الذى سلكه فرما. وكشف رشدي راشد فى رسالة الطوسي وللمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات تحديد النهايات القصوى للعبارات الجبرية من جهة ، ومن جهة أخرى عن دراسة تغيرات الدالات المتعددة الحدود فى جوار نهاية قصوى معينة لاحتساب هذه النهاية القصوى. ولم يكن الموضوع هذه المرة احتساب حجم أقصى أو مساحة قصوى ، بل احتساب القيمة

القصوى لدالات متعددة الحدود. ولكي نستوعب أصالة مساعى الطوسى بشكل أفضل ، ضرب رشدى راشد
مثل المعادلة (23) التى أمكن رشدى راشد كتابتها على الشكل التالى : $c = f(x) = x(b - ax - x^2)$

والمسألة الأساسية هى إيجاد القيمة $x = x_0$ التى بها تصل $f(x)$ إلى نهايتها العظمى. شرح الطوسى كيفية
الانتقال من المعادلة (23) إلى معادلتين من النوع (15) والنوع (21) باستعمال تحويلات أفينية :

$$x \rightarrow x = x_0 - x \quad x \rightarrow x = x - x$$

و أعطى الطوسى المتساويتين التاليتين :

$$F(x_0) - d(x_0 + x) = 2x_0(x_0 + a)x - (b - x_0^2)x + (a + 3x_0)x^2 + x^3;$$

$$f(x_0) - f(x_0 - x) = (b - 0^2)x - 2x_0(x_0 + a)x + (a + 3x_0)x^2 - x^3 \text{ و}$$

ولابد أن الطوسى قارن بين $f(x_0)$ و $f(x_0 + x)$ وبينهما وبين $f(x_0 - x)$ ملاحظاً أنه فى الفسحة $]0, \lambda_2[$ ، يكون
التعبيران $x^2(3x_0 + a + x)$ و $x^2(3x_0 + a - x)$ موجبين. من ثم استطاع الطوسى أن يستنتج من المتساويتين ما يلى:

$$\text{إذا كان : } (b - x \frac{2}{0})2x_0 + a \text{ يكون } f(x_0) > f(x_0 + x).$$

$$\text{إذا كان : } (b - x \frac{2}{0})2x_0(x_0 + a) \text{ يكون } f(x_0) > f(x_0 - x)$$

$$(b - x \frac{2}{0}) = 2x_0(x_0 + a) \rightarrow \begin{cases} f(x_0) > f(x_0 + x) \\ f(x_0) < f(x_0 - x) \end{cases} \therefore$$

وهذا يعنى، فى نظر رشدى راشد، أنه فى حال كون x_0 الجذر الموجب للمعادلة التالية :

$$F'(x) = b - 2ax - 3x^2 = 0$$

يكون $f(x_0)$ هو القيمة العظمى لـ $f(x)$ فى الفترة المعنية.

إن المتساويتين المذكورتين تتوافقان مع توسيع (مفكوك) تايلور حيث :

$$f'(x_0) = b - 2ax_0 - 3x \frac{2}{0} : \frac{1}{2} f'(x_0) = -(3x_0 + a); \frac{1}{3} f'(x_0) = -1$$

هدف الطوسى ، على ما ظهر من شرح رشدى راشد، إلى ترتيب $f(x_0 + X)$ و $f(x_0 - X)$ حسب قوى X وإلى تبيان أن الوصول إلى النهاية العظمى يتحقق عندما يكون معامل X فى هذا المفكوك يعادل الصفر . تكون إذن قيمة x التى تعطى $f(x)$ نهايتها العظمى هى الجذر الموجب للمعادلة $f(x)=0$. إن الطوسى قد يكون درس ، فى المتساويتين المذكورتين، الدالتين $f(x_0 - X)$ و $f(x_0 + X)$ حيث $X - X'$. لكن مادام أنه اعتمد أسلوب المقارنة ، يبقى تحليل رشدى راشد السابق صحيحا، إن هذا التوسيع (المفكوك) الواضح الذى أعطاه الطوسى فى سياق تحويل المعادلة (23) إلى معادلتين من النوع (15) و (21) هو توسيع مهم فى تاريخ الرياضيات. وفى إطار حل المعادلات ، تبدو الطريقة أنها تتعلق ، جزئيا ، بالمسألة الجبرية : تحويل المعادلة التى نبحث عن جذورها الموجبة إلى معادلات أخرى سبق أن عُرفت طريقة استخراج جذورها الموجبة. إن المفكوك المذكور نفسه يبدو فى إطار آخر بوصفه إعدادا لطريقة الحل العددي للمعادلات. لكن هذه الطريقة هى الطريقة التى سميت فيما بعد باسم "طريقة فرما".

كان الطوسى يعلم بأنه فى حال كون r جذرا لمعادلة من الدرجة الثالثة $P(x) = 0$ ، تكون متعددة الحدود $P(x)$ قابلاً للقسمة على $(x - r)$. ومن خلال تحويل أفينى كان بإمكانه ردّ معادلة إلى معادلة أخرى سابقة محلولة. لكن ، مع تحسسه لوجود علاقات بين معاملات المعادلة وبين جذورها ، فإنه لم يدرس هذه العلاقات لا فى نفسها ولا بالشكل العام ، فلم يكن بالإمكان لهذه العلاقات أن تظهر عنده إلا فى حال كون جميع الجذور موجبة. وهذا بالضبط ما حصل فى المعادلة (9) أى فى : $x^2 - c = b.x$

عند كون $b^2 4c$. فى هذه الحالة برهن الطوسى أن x_1 و x_2 هما الجذران الموجبان لهذه المعادلة، إذا، فقط إذا ، كان لدينا : $x_2 = c$ و $x_1 + x_2 = b$

أما فى معادلة الدرجة الثالثة فالمعادلة (20) هى المعادلة الوحيدة التى لها ثلاثة جذور موجبة. هنا لم يتطرق الطوسى إلى مسألة العلاقة بين الجذور والمعاملات ، فهو لم يلاحظ، حسب رشدى راشد، وجود الجذور الثلاثة الموجبة. وقد عرقل غياب الأعداد السالبة وضع مسائل العلاقات المنطقة بين المعاملات والجذور الصحيحة. هذا ما يظهره بوضوح مثل دراسة النهاية العظمى للدالة $f(x)$ فى الحالة الثانية من المعادلة (25) . فلكى يقارن الطوسى بين $f(x)$ و $f(x_0)$ فى الفسحة $]0, x_0[$ ، يقسم هذه الفسحة إلى اثنتين $]0, a[$ و $]x_0 - a, x_0[$ ؛ ومن ثم يستدعى فى حساباته الفروق $(a - x_0)$ و $(x - a)$ من جهة و $(x_0 - a)$ و $(x' - a)$ من جهة ثانية. واستطاع رشدى راشد ضرب أمثلة مشابهة فى مواضع أخرى من الرسالة.

ولقد تسبب غياب الأعداد السالبة أيضا باضطراب الطوسى للاستعانة بمعادلتين مساعدتين فى المسائل من (21) إلى (25) . تؤول إلى المعادلة (21) . معادلة من النوع (15) بواسطة التحويل $x \rightarrow -X$. أما بالنسبة

إلى المسائل الأربع الأخرى، ففي حال كون $c < c_0$ يكون للمعادلة $f(x)=c$ ثلاثة جذور حقيقية ، x_1, x_2, x_3 :
 $x_3 < 0 < x_1 < x_0 < x_2$. وبواسطة التحويل الأفيني $x \rightarrow x_0 + x$ تتحول المعادلة $f(x)=c$ إلى المعادلة $g(x)=c_0-c$ التي هي من النوع (15) الذي يحوز ، تحت الشروط نفسها ، على ثلاثة جذور حقيقية ، أحدها فقط موجب : $x_2 < 0 < x_1 < x_0 < x_3$ وهنا لا يأخذ الطوسي بالاعتبار سوى x_2 الذي يعطيه $x_2 = x_0 + x_2$. من ثم يعتمد إلى تطبيق التحويل الأفيني $x \rightarrow x_0 - x$ مفترضاً أن $x < x_0$ وهذا ما يعطيه المعادلة $h(x)=c_0-c$ أى المعادلة $g(-x)=c_0-c$ وهي من النوع (21) ولها ثلاثة جذور حقيقية : $x_2 < 0 < x_1 < x_0 < x_3$.

ولأن الطوسي افترض $x = x_0 - X$ أى أن ، $X < x_0$ ، لا بد له من اختيار X_1 واعتباره الجذر المناسب $(0 < x_1 < x_0)$ مهملًا X_2 و X_3 ، فيحصل الطوسي، حسب تفسير رشدى راشد، على الجذر $x_1 = x_0 - X_1$.

إذن ، أدى غياب الأعداد السالبة إلى تعدد الحالات، وفي إطالة العمليات الحسابية ، كما أدى ذلك إلى الاستفاضة في العرض. وقد حال هذا النقص دون النفاذ إلى نص الطوسي ، فضلاً عن غياب النظام الرمزي. إذن الجزء الثانى من الرسالة تحليلي، وتجرى العمليات الحسابية فيه بشكل جبرى بحت ولا تساعد الأشكال الهندسية سوى على التخيل.

٥- طريقة إيجاد النهايات العظمي

احتوى عمل شرف الدين الطوسي على الطريقة التى سميت فيما بعد باسم "طريقة فرما"، كما طور الرياضيون الغربيون من بعد شرف الدين الطوسي بخمسة قرون بحثه الرياضي. فمنذ النقد الذى وجهه مونتوكلا (Montucla) لقراءة هويجنز (Huyghens) لطريقة فرما، ظل المؤرخون يثيرون التساؤل عن هذه الطريقة ووجدتها. إن مشروع رشد راشد، فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها، أكثر تحديداً وأكثر تواضعاً. هدف رشدى راشد إلى التذكير ، بالمسلك الذى سلكه فرما، ذلك المسلك الذى قدر رشدى راشد اكتشافه عند الطوسي. ويعود رشدى راشد إلى ما عرّضه الطوسي. يتناول رشدى راشد إذن المعادلة :

$$(1) f(x) = c$$

والمساويتين التاليتين :

$$(2) f(x_0 + x) - f(x_0) = xp_1(x_0) + \sum_{k=2}^n \frac{x_k}{k!} p_k(x_0)$$

$$(3) f(x_0 - x) - f(x_0) = xp_1(x_0) + \sum_{k=2}^n (-1)^k \frac{x_k}{k!} p_k(x_0)$$

$$f, p_k \in [x], k = 1, 2, \dots, n.$$

و ارتكزت طريقة الطوسى على الفكرة التالية : تصل $f(x)$ إلى نهايتها القصوى $c_0 = f(x_0)$ فى النقطة x_0 ، إذا كان $PI(x_0) = 0$ وإذا وجد جوار لـ x_0 يكون فيه للعبارتين :

$$\sum_{k=2}^n \frac{x_k}{k!} \cdot p_k(x_0) \text{ و } \sum_{k=2}^n (-1)^k \frac{x_k}{k!} \cdot p_k(x_0) \text{ الإشارة نفسها .}$$

فى المعادلات من (21) إلى (25) لا يأخذ الطوسى بالاعتبار سوى الفترات التى تكون عليها $f(x) > 0$ ولا يدرس إلا النهاية العظمى لـ $f(x)$

هذه هى الطريقة التى أدت إذن بالطوسى إلى التصور الذى سُمى فيما بعد باسم "المشتق"، كما أسلفنا من قبل. عرض فرما عام ١٦٣٧ م ، لمنهجه بشكل عام نسبياً لكن من دون التأسيس النظرى له. وفى سنة ١٦٣٨م عاد إلى ذلك المنهج نفسه. لكن فرما يدرس العلاقة (2) لكى يقارن بين $f(x_0)$ و $f(x_0 + X)$. وكان هدف فرما، المشابه لمشروع شرف الدين الطوسى ، هو محاولة فصل الحدود الأولى لتبسيط تايلور عن الحدود الأخرى. لأن المسألة التى اقتضت ذلك التبسيط - مسألة النهاية القصوى - تنحصر فى الحدود الأولى. ولكى يصف فرما تلك العملية، استعين بتعبير الاقتراب من المساواة. هذه الكلمة *PARISOTES* تدل على اعتبار عبارتين أو حدّين وكأنهما متساويان مع أنهما ليستا كذلك. وكما تشهد الأمثلة التى قدمها فرما ، تؤسس هذه المقارنة ، على أساس من العلاقة (2) ، بفصل $PI(x)$ وباستنتاج الشرط التالى: قيم x التى تجعل قيمة $f(x)$ نهاية عظمى أو صغرى هى جذور المعادلة :

$$P_I(x_0) = 0$$

ولكى يوضح رشدى راشد الطابع الجبرى لأعمال فرما ، يورد رشدى راشد ما كتبه فرما عام ١٦٣٦ عن تقديره لطريقة تحديد أنواع المسائل المسطحة والمجسمة كافة، وكشف فرما من خلالها النقاب عن النهايات العظمى والصغرى من خلال معادلة التحليل العادى. وأكد فرما على أن البحث عن النهاية القصوى يجب أن يؤدى إلى نقطة واحدة أو إلى حدّ واحد. عند النقطة x_0 ، فإن للعبارتين (2) و (3) الإشارة نفسها (إيجاباً أو سلباً). تكمن المسألة إذن ، فى إيجاد طريقة لاستخلاص - من خلالها $A + E$ و $A - E$ - الحد نفسه لتمثيل A ، بحيث تمثل A المذكورة ، النقطة المنصفة ويكون كل ما على جانبيها إما زيادة وإما نقصاناً بحسب بحثنا عن الكبرى أو عن الصغرى. لكن ، يبدو أن هناك طريقة لاستخلاص المعادلة نفسها من خلال $A + E$ أو من خلالها $(A - E)$. ذلك لأن $A - E$ تقدم دائماً الحدود نفسها التى تقدمها $A + E$ ، مع تغيّر العلامات فى مواضع

القوى المفردة ، بحيث لا تتبدل المعادلة. وفي هذا السياق استعاد فرما مثلاً رياضياً استطاع رشدي راشد ترجمته على النحو التالي:

$$f(x) = ax^2 - x^3 \quad 0 < x < a.$$

و افترض رشدي راشد أن $x = x_0$ يقدم النهاية القصوى ومن ثم يقابل بين :

$$f(x_0 + x) = a x_0^2 - x_0^3 + (2ax_0 - 3x_0^2)x + (a - 3x_0)x^2 + x^3$$

$$\text{وبين : } f(x_0 - x) = a x_0^2 - x_0^3 - (2ax_0 - 3x_0^2)x - (a - 3x_0)x^2 - x^3$$

فإذا كان x_0 جذراً للمعادلة : يكون $x_0 - \frac{2}{3}$ وبالنسبة إلى X حيث $X < a$ ، يكون لدينا : $2ax_0 - 3(x_0)^2$

$$f\left(\frac{2a}{3} + x\right) - f\left(\frac{2a}{3}\right) < 0 \quad f\left(\frac{2a}{3} - x\right) - f\left(\frac{2a}{3}\right) < 0$$

فتكون $f\left(\frac{2a}{3}\right)$ قيمة عظمى .

أعلن بيار فرما أن النهاية القصوى هي إما نهاية عظمى وإما نهاية صغرى تبعاً لإشارة الحد المرافق لـ X^2 . تظهر طريقة فرما إذن جبرية مشابهة لطريقة الطوسي، كما يظهر أنها وُضعت لمتعددات الحدود. من الجهتين المتقابلتين للقيمة القصوى تمر الدالة بقيمتين متساويتين ، بشكل يجعل المعادلة (1) تحوز على جذرين يحصران $x = x_0$ ، عندما تكون c قريبة بشكل كاف من هذه القيمة القصوى. وعند نقطة النهاية القصوى يتساوى الجذران بحيث يكون للمعادلة جذر مزدوج. وقد امتلك شرف الدين الطوسي هذه الفكرة أو حدسها ، وأدرك بأن أية نقطة تحقق النهاية العظمى هي نقطة مزدوجة من النقاء الرسم البياني لـ $(x > 0, f(x) > 0)$ مع المستقيم $y = c$. فإن تركيب شرف الدين الطوسي يكفي للبرهان على أنها طريقة فرما. وقد أضحي تاريخ طريقة النهايتين العظمى والصغرى، منذ عمل رشدي راشد، يختلف عما كان عليه قبل تحقيق رشدي راشد ودراسته لشرف الدين الطوسي وبيار فرما ، فقد صارت المسألة التاريخية الراهنة هي مسألة التحديد الدقيق للمسافة بين فرما والطوسي، ولنفرد فرما في تطبيق منهجه من جهة، وللمسائل التي لم يتطرق إليها شرف الدين الطوسي. يختلف الجزء الثاني من "الرسالة" عن الجزء الأول بالموضوعات الرياضية ويتميز عنه

بالأسلوب الرياضى . لكن اكتشاف هذا المجال الجديد الذى قدر الطوسى بالكاد بلوغ شاطئه ، كان أكبر من حدود اللغة الطبيعية. كان يقضى بصياغة لغة تناسب مفاهيمه ووسائله. هنا إذن لعب غياب الرمزية دوراً سلبياً فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. وإذا كانت اللغة الطبيعية توافقت مع مقتضيات الجبر الحسابي، فإنها حالت دون توسع البحث فى التفاعل بين الجبر والهندسة. وربما كان غياب الرمزية السبب الرئيس لانتهاج أبحاث الرياضيات العربية فى موضوع الثنائية الجدلية للجبر والهندسة. ولقد برهنَ رشدى راشد إذن على اكتشاف شرف الدين الطوسى. وغير الأفكار المسبقة عن تاريخ تزاوج الجبر والهندسة قبل القرن السابع عشر الميلادى. وعدل الرأى السائد حول نهايات الرياضيات العربية فى مجال تزاوج الجبر والهندسة.

ثالثاً – أعمال ديوفنطس الاسكندرانى الجديدة

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى إلى ظهور كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس فى القرن التاسع الميلادى بأشكال مختلفة. وأسهم كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس فى القرن التاسع الميلادى فى تطوير الرياضيات فى القرن التاسع الميلادى :

١- أسس كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس تأسيساً أولياً لتوسيع الجبر العربى من دون العودة إلى التحليل الديوفنطس القديم؛

٢- اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس نحو أبحاث جديدة فى التحليل الديوفنطى الحديث بالمعنى الذى صاغه باشيه دو مزيرياك وبيار فرما فى القرن السابع عشر الميلادى.

فالأبحاث التى أثارته قراءة ديوفنطس هى من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثاروا أسلوباً مختلفاً عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخى الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثاً من المسائل العددية المكافئة فى معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة بدرجة $9 <$ وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعداداً نسبية موجبة وأعداداً صحيحة إذا أمكن ، لكن لم تصغ أية شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعداداً نسبية موجبة. ولم تشر فى أية لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبياً (منطقاً) أو أصمّاً بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة إن كانت الأعداد نسبية أم لا ، فمن أجل البحث عن حل نسبى موجب وحسب. من هنا تفسر تصورات المتغير ، والوسيط ، والقوة ، والحل العام عمل ديوفنطس. فعندما بحث ديوفنطس فى مسألة "قسمة مربع ما إلى مربعين

آخرين" يفسر النص بأنه مسألة معادلة من الدرجة الثانية بمتغيرين مكافئة للمعادلة $x^2+y^2=a^2$. وفي أثناء حله ينسب الرياضى للمعطى a قيمة خاصة ، لذلك رأى بعضهم فى هذا تمثيلاً لوسيط ما فى الحالات المشابهة. من هنا نهضت المشكلة المركبة، أي:

(١) مشكلة المجازفة فى إشاعة فكرة أن مقدمة ديوفنطس استطاعت أن تكون مصدرًا للجبر ؛

(٢) الحيلولة دون فهم تيار آخر من الرياضيين الذين رأوا فى عمل ديوفنطس عملاً حسابياً.

من هنا حقق رشدى راشد وقدم "الديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة الجبر، ترجمة قسطنطين لوقا" (١٩٧٥) و "الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و "الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و "ديوفنطس: علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و "ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و ٦ و ٧" (١٩٨٤) و "كتاب ديوفنطس الاسكندراني فى علم العدد" (١٩٨١). وتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندراني مشروع رشدى راشد ومثل احدى علامته البارزة والأساسية^(٣) .

وبين رشدى راشد للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها أن أعمال ديوفنطس الذى عاش فى الإسكندرية ومات بها مسناً على ما يبدو فى فترة يختلف المؤرخون فى تحديدها بين ١٥٠ قبل الميلاد و ٢٥٠ بعد الميلاد، كانت هى السبيل الوحيد لمعرفة الأوروبيين النصوص اليونانية عند انتقالها إلى أوروبا فى العصر الوسيط وما سمي بعصر النهضة. فلقد فقد الأصل اليونانى لبعضها ولم تبق إلا الترجمات العربية. وهناك العديد من الأمثلة من كتابات أبولونيوس وبابوس ما لم تتبعه منها إلا ترجماتها العربية كما بين مؤرخو العلوم فى القرن التاسع عشر الميلادي.

لم يُعن رشدى راشد بالتحليل الديوفنطى التقليدى الذى يشكل جزءاً من الجبر إنما عني بالتحليل الديوفنطسى الذى يتعلق بمجموعة الأعداد الصحيحة. لقد نشأ هذا التحليل فى القرن العاشر الميلادى لخدمة الجبر ومناهضته فى آن. فهو يتناول المثلثات القائمة الزاوية العددية ويمتد ليشمل المعادلات ونظم معادلات ديوفنطسية أصعب. من أهم النتائج كان نص افتراض فرما فى الحالة $n = 3$ الذى حاول بعضهم إثباته.

كان هدف ديوفنطس هو التأسيس لنظرية الأعداد بوصفها تعداداً للوحدات والكسور بوصفها كميات. وهذه التصورات واردة كما هى مذكورة تماماً بل تمثل أنواعاً من الأعداد. وينطوى مصطلح "النوع" على قوة التعدد المحدد، وعلى قوة تعدد ما، أى غير محددة فى صورة مؤقتة، لكنها ستكون محددة دوماً آخر حل المسألة : المقصود هو العدد غير المقول. وقد حدد ديوفنطس هذه العناصر والقوى، حتى القوة السادسة، فى مقدمة الكتاب الأول من الكتاب، وحدد ذلك فى صورة مختصرات لا فى شكل تمثيل رمزي. وفى الكتاب

الرابع حدد القوة الثامنة والتاسعة وإن كان لم يشر إلى القوة السابعة ولا إلى القوة الخامسة. مما يعيدنا إلى مصطلح "نوع" العدد. وهناك ثلاثة أنواع من الأعداد : ١- العدد الخطي؛ ٢- العدد المرسوم؛ ٣- العدد الجامد. هذه الأنواع تحدد "طبيعة" العدد. هي الأعداد-الأم التي تشتق منها الأعداد الأخرى كلها.

لقد ذكر المؤرخون العرب أن هناك ترجمة لكتاب ديوفنطس في المسائل العددية. ولقد ذكر المؤرخون القدماء أن مترجم هذا الكتاب إلى العربية هو قسطا بن لوقا البعلبكي الرياضى الطبيب المتوفى حوالى ٩١٢ ميلادية . فمن كتبه "ترجمة ديوفنطس فى الجبر والمقابلة".

و كان من المعروف أن الرياضيين العرب منذ القرن العاشر الميلادى قد رجعوا إلى هذه الترجمة، أمثال أبو الوفا البوزجاني وأبو بكر الكرجي. ولقد شرح البعض مثل السموأل بن يحيى المغربى على كتاب ديوفنطس فى الجبر والمقابلة.

كانت ترجمة قسطا بن لوقا لمقالات ديوفنطس فى المسائل العددية تحت عنوان "صناعة الجبر" تحتوى على سبع مقالات كشف رشى راشد عنها وتحت الاسم نفسه ومن ترجمة قسطا بن لوقا البعلبكي الرياضى الطبيب المتوفى حوالى ٩١٢ ميلادية، أربع مقالات فقط. وهذه المقالات الأربع كلها مفقودة فى الأصل اليوناني، كما أسلفنا.

لا نعرف الآن من مقالات ديوفنطس فى أصلها اليونانى إلا ستة مقالات من المسائل العددية وكذلك كتاب سابع عن الأعداد المضلعة. لكن ديوفنطس يقدم عمله فى فاتحة المقالة الأولى من المسائل العددية ويقول إنه سيكون مؤلفا من ثلاث عشرة مقالة. ومن هنا ظهر التناقض بين العدد الذى ذكره ديوفنطس وما بقى من هذه المقالات، وأثار المؤرخون لأعمال ديوفنطس مشكلة عدد مقالات المسائل العددية وترتيبها وكذلك الأهمية الرياضية للمقالات المفقودة :

الموقف الأول : يرفض الترتيب الحالى للمسائل العددية فى مقالات. ولقد عبر عن هذا رأى سنة ١٨١٧ كلوبروك؛

الموقف الثانى : عبر عنه سنة ٠٨٨١ شارل هنرى ويؤكد أننا لن نفقد شيئا من مقالات ديوفنطس ، ففى الأصل كانت كل مقالة من المسائل العددية مؤلفة من اثنتين ، فجميعها هو اثنتا عشرة مقالة إن أضفنا إليها مقالته عن الأعداد المضلعة نجد الثلاث عشرة التى ذكرها ديوفنطس .

الموقف الثالث : يمكن تلخيصه بكلمات من دافع عنه سنة ١٨٤٢ نسلمان

(١) أن عدد المقالات المفقودة هو أقل مما تظنه إن تمسكنا بنسبة ٦ إلى ١٣.

(٢) أن المقالات المفقودة ليست من آخر الكتاب ولكن من وسطه وخاصة بين المقالة الأولى والثانية .

(٣) أن ضياع الترتيب القديم للكتاب يرجع إلى ما قبل القرن ١٣ - ١٤ وهو تاريخ أقدم مخطوطة يونانية عثر عليها.

الموقف الرابع: ولقد عبر عنه أول من قام بتحقيق علمى لمخطوطات ديوفنطس اليونانية : تانرى . فلقد أكد سنة ١٨٨٤ .

١- أن هناك كتباً مفقودة؛

٢- أن هذه الكتب المفقودة هي من بعد الكتاب السادس؛

٣- أن فقدان هذه الكتب يرجع إلى فترة قريبة من شروح هيثا لكتب ديوفنطس نحو أواخر القرن الرابع.

الموقف الخامس: وهو الذى يقبله المؤرخون المعاصرون لأعمال ديوفنطس مثل هيث وفوجل ورشدى راشد نفسه وغيرهم من المؤرخين المعاصرين، وهو برهان الترجمة العربية على خطأ الآراء الواردة فى المواقف من ١ إلى ٤ سالفه الذكر بل وعقدت الترجمة العربية المسألة. ولكن كانت تلك بداية الحل للتناقض بين العدد الذى ذكره ديوفنطس وما بقى من هذه المقالات ولمشكلة المؤرخين لأعمال ديوفنطس ولمشكلة عدد مقالات المسائل العددية وترتيبها فضلا عن مسألة الأهمية الرياضية لمقالات ديوفنطس المفقودة.

٣-١- الوضع الجديد

الترجمة العربية لا تحتوى نفسها فى الأصل إلا على سبع مقالات ليس منها إلا الأربع مقالات الأخيرة. وكل هذه المقالات مفقودة فى اليونانية. لأن فى نهاية المقالة السابعة يذكر الناسخ "تمت المقالة السابعة من كتاب ديوفنطس فى الجبر والمقابلة وهى ثمانى عشرة مسألة. وتم الكتاب والحمد لله رب العالمين". فحتى الآن ليس لدى الباحث إلا الأربع المقالات الأخيرة من الترجمة العربية لقسطا بن لوقا. ولكن الكرجى (القرن العاشر الميلادى) لخص المقالات الثلاثة الأولى فى كتاب "الفخري". وبعد أن عرض الكرجى لأصول علم الجبر ينهى كتابه "الفخري" بطبقات من المسائل العددية ، بخمس طبقات من هذه المسائل وما يقوله القارئ القديم يعنى أن الطبقة الرابعة منها مقتبسة من مقالات ديوفنطس وبنفس الترتيب الذى اتبعه الرياضى الأسكندراني وكذلك بعض مسائل الطبقة الثالثة.

من هنا بين رشدى راشد أن الترجمة العربية لقسطا بن لوقا هي الترجمة المذكورة فى كتب الطبقات. من هنا ناقش رشدى راشد من جديد مسألة عدد وترتيب كتب ديوفنطس. وذلك بشرط أن يكون الكرجى لم يتوقف فى إتباع ديوفنطس على الطبقة الرابعة بل تعداها إلى طبقات أخرى لأن الطبقة الرابعة مقتبسة من المقالة الثالثة غير الواردة فى الترجمة العربية لقسطا بن لوقا. تتبع الطبقة الخامسة من كتاب "الفخري" للكرجى

المقالة الرابعة من مقالات ديوفنطس. إن المقالة الرابعة من مقالات ديوفنطس كما هي الآن هي التي قرأها الكرجي ، ومن ثم فالترجمة العربية لقسطا بن لوقا هي الترجمة التي تذكرها كتب الطبقات. ولكن هذه المقالة الرابعة نفسها تختلف تمامًا عن المقالة الرابعة في النص اليوناني ، كما تختلف المقالات الخامسة والسادسة والسابعة عن الخامسة والسادسة والسابعة اليونانية. فهل هذا هو الحال في المقالات الأول - الأولى والثانية والثالثة - التي لا ترد بعد في ترجمتها العربية ؟ اعتمد رشدي راشد تلخيص الكرجي لمقالات ديوفنطس وأمكنه أن يعتبر المقارنة بين كتاب "الفخري" للكرجي وبين مقالات ديوفنطس كالمقارنة بين الترجمة العربية وبين النص اليوناني الراهن من جهة طبيعة المسائل وترتيبها.

بين رشدي راشد أن الطبقة الخامسة من كتاب "الفخري" للكرجي مقتبسة من المقالة الرابعة من ديوفنطس. إن الطبقة الرابعة من الكرجي مقتبسة من مقالات ديوفنطس اقتباسا مرتبا. والطبقة الرابعة من الكرجي مقتبسة من المقالة الثالثة من ديوفنطس. ومسائل هذه الطبقة مقتبسة من المقالة الثالثة من ديوفنطس كما هي في اللغة اليونانية. وتتفق الترجمة العربية والأصل اليوناني في المقالة الثالثة. ويرجع ديوفنطس في حله للمسألة السابعة من المقالة السابعة من النص العربي إلى المسألة السادسة من المقالة الثالثة. هذه هي المسألة نفسها في النص اليوناني. هذا الاتفاق وارد أيضا بين المقالة الثانية في نصها اليوناني وترجمتها العربية وبالمنهج نفسه. ومن خلال تحقيق تانري للنص اليوناني تحتوي المقالة الثانية على خمسة وثلاثين مسألة السبعة الأول منها تنسب إلى ديوفنطس انتسابا مضطربا.

وهكذا استطاع رشدي راشد أن يؤكد :

(١) أن المقالتين ، الثانية والثالثة ، تتفقان في الأصل اليوناني والترجمة العربية؛

(٢) أنه ليس بالإمكان أن يتبع هذه المقالة إلا المقالات الخامسة والسادسة والسابعة من الترجمة العربية، نتيجة لطبيعة مضمون المقالة الرابعة في الترجمة العربية وبسبب طريقة ديوفنطس في العرض والانتقال من الأسهل إلى الأصعب؛

(٣) أن أقدم مخطوطة من كل مخطوطات ديوفنطس الموجودة هي المخطوطة العربية. وهي تتبع هذا الترتيب؛

(٤) أن المقالات الخامسة والسادسة والسابعة من النص اليوناني ليست في موضعها الصحيح إنما ينبغي دراسة المقالات الخامسة والسادسة والسابعة والأولى من النص اليوناني دراسة نقدية جديدة.

(٥) أن ترتيب مقالات ديوفنطس في نصها اليوناني ليس هو الترتيب الصحيح.

وبعد هذا العرض عاد رشدي راشد إلى تحليل مضمون هذه المقالات بالتفصيل كل على حدة وتباعاً ولكنه نبه إلى أن استعماله للرموز الجبرية هو للتيسير والاقتصاد الذهني وحده. فديوفنطس لم يدرس دراسة جبرية مثل الكرجي ولكنه درس دراسة عددية وحسب. فهو إذا لم يستعمل المتحولات التي تعبر عنها الرموز الجبرية التي يستعملها رشدي راشد، فإن كان قد استعمل بعض الوسائل الجبرية فهذه الوسائل لم تكن إلا أدوات ولم تنقلب إلى مفاهيم جبرية إلا بعد أعمال الخوارزمي وشجاع بن أسلم وغيرهم من علماء الرياضيات. ففي ضوء الجبر الجديد، رأى قسطا بن لوقا في ترجمته لديوفنطس أن يقرأه بروح عصره ويدخل في الترجمة نفسها ألفاظاً لم يكن من الممكن أن تخطر ببال ديوفنطس. من هنا أدخل قسطا بن لوقا كلمة الجبر في العنوان وكلمة الجبر والمقابلة في أغلب صفحات الترجمة العربية. وما يقوله رشدي راشد يختلف تماماً عما يكرره كثير من المؤرخين مثل هيث حينما يلصقون بشكل عام وغامض اسم ديوفنطس بالجبر وما يقوله رشدي راشد هو أن أعمال ديوفنطس لم تكن جبرية ولكنها كانت تحتوى على أدوات جبرية أفاد منها الخوارزمي ومن اتبعه في الجبر. فديوفنطس لم يبحث مثل الجبريين عن كل الأعداد التي تحقق القضية ق، ولكن بالعكس يريد "أن يجد عدداً يكون .. الخ". وهذا يعنى أنه يريد أن يجد عدداً معيناً أو عدداً واحداً . فديوفنطس يبحث عن مثل عن عدد معين وليس عن الحالة العامة مثل الجبريين في بداية الجبر وما بعدها، بل استطاع رشدي راشد أن يذهب إلى أبعد من ذلك ويقول إن طريقة ديوفنطس هي عكس طريقة الجبريين من الناحية المعرفية. إن نقطة بداية ديوفنطس هي ما ينتهى إليها عادة الجبريون، وهي إيجاد القيمة العددية. فالجبري يبدأ بالرد على السؤال : ما هي الأعداد التي تحقق خاصية معينة؟ ينتهى الجبري إلى إيجاد قيمة عددية محددة. ويبدأ ديوفنطس بإيجاد قيمة عددية محددة. ديوفنطس يبدأ بالرد على السؤال : ما هي الخاصية المعينة للأعداد؟

ولكن ديوفنطس يستعمل في خلال حله لهذه المسائل العددية وسائل صارت فيما بعد أدوات للجبر منها : استبدال مجهول بمجهول إضافي ، الاختصارات الجبرية ، ضرب القوى وقسمتها حتى القوة التاسعة ، حساب ذى الحدين من الدرجة الثالثة ... تمثيلاً لا حصراً. ولقد كانت هذه الأدوات بالغة الأهمية عندما طبق الكرجي الحساب على الجبر وجدد الكرجي الجبر كحساب للمجهولات.

و لا بد أن لا يغيب عن البال أن المقالات التي قدم لها رشدي راشد هي التي تبين ما لم يكن معروفاً بدقة من قبل، يعنى مدى اتساع هذه الوسائل الجبرية عند ديوفنطس وتجيب على السؤال : كيف حل ديوفنطس معادلات غير معينة من درجة أعلى من الدرجة الثانية؟ كيف وضع شروطاً لحل بعض المعادلات الغير

معينه؟ حتم الجواب الاستعانة ولو التجريبية بحل معادلات الدرجة الثالثة كما هو وارد في المقالة الخامسة. إن المقالات التي حققها رشدي راشد تغير ما كنا نعرفه عن مدى اتساع وسائل ديوفنطس التي صارت أداة في يد الجبريين العرب.

رابعاً : الكرة المحرقة ودراسة الفارسي الكمية

سبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب إلى أن هدف كمال الدين الفارسي من الأعداد المتحابية كان إعادة إثبات برهان نظرية ابن قرة. لم تجد الأعداد المتحابية النظرية التي تستحقها قبل أعمال ثابت ابن قرة. و"العدد التام" بالمعنى الإقليدي هو موضوع نظرية ظهرت في نهاية المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، إذ إن القضية السادسة والثلاثين من المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، حول الأعداد التامة بدت في البدء في مظهر نظري. وبقي التساؤل عن الأسباب التي دعت اليونانيين للاهتمام بهذه المسائل. وظهرت فرضية هيلتش (*Fr. Hultsch*) في نهاية القرن التاسع عشر الميلادي وكانت ترجمة نظرية لطرائق الحساب العددي منذ المصريين . لكن الوضع اختلف في الأعداد المتحابية، إذ لم يجد رشدي راشد أية إشارة إلا في شهادات متأخرة صوفية وجمالية. من أشهر مؤلفي تلك الشهادات جميليك (*Jamblique*) الذي رد، كثابت بن قرة، معرفة هذه الأعداد إلى فيثاغوراس. من هنا مثلت معرفة أصل نظرية الأعداد ومتابعة تسلسلها في القرنين السادس عشر الميلادي والسابع عشر الميلادي، معرفة إشكالية. وبدل أن يلجأ المؤرخ إلى تحديد هذه المشكلة يتخطى القرون ويضع باشيه دو مزرياك أو بيار فرما بعد إقليدس وديوفنطس. فالمؤرخ، في هذه الحال، لا يجتري التاريخ وحسب بل يزيّف تقدير النتائج المجدد لهذا أو ذاك من حسابي القرنين السادس عشر الميلادي والسابع عشر الميلادي. منذ القرن التاسع عشر ظل ليونارد دو بيز المعروف بفيبوناتشي يعطل الجواب على هذه الأسئلة. فنصه البحث الذي يحتوي على نتائج نظرية الأعداد كان قد عرفه الرياضيون مثل لوقا باشيولي . ولا ينكر رشدي راشد أن فيبوناتشي كان يعرف الرياضيات العربية ، كما أن معرفة تاريخ هذه الرياضيات تؤسس لطرح مسألة أسلوب هذا العلم والمساهمة المجددة للقرن السابع عشر الميلادي. ثمة واقعتان تبرزان ضد الطرح العنصري، كشفت عنهما في القرن التاسع عشر الميلادي أعمال ويكو وكان بإمكانهما تنبيه المؤرخين وهما: الحالة الأولى لمبرهنة بيار فرما ومبرهنة ثابت بن قرة عن الأعداد المتحابية. لقد برهن رشدي راشد عدم دقة وجهة النظر هذه حول تاريخ نظرية الأعداد في التحليل الديوفنطي للأعداد الصحيحة. رأى التحليل الديوفنطي للأعداد الصحيحة النور في القرن العاشر الميلادي. وقد تشكل بفضل الجبر الموسع منذ الحوارزمي وضده وبمساعدة قراءة إقليدية غير ديوفنطية للمسائل العددية لديوفنطس التي كاد قسّطا بن لوقا أن ينهي ترجمتها. وقد عرض رشدي راشد لمساهمة

للخجندی والخازن وابن الهيثم ، وغيرهم في القرن العاشر الميلادي في إعداد التحليل الديوفنطي الصحيح. وهناك مجال آخر من نظرية الأعداد وهو فصل شديد الارتباط بكتاب "الأصول" لإقليدس ، أي دراسة أجزاء القواسم التامة ، وهي دراسة ضرورية لدراسة الأعداد التامة والأعداد المتحابة بشكل أساسي.

في هذا السياق، أسس كمال الدين الفارسي البرهان الجديد لنظرية ابن قرّة، على معرفة منهجية لقواسم العدد الطبيعي والعمليات التطبيقية، مما قاده إلى إعادة تنظيم جذرية لهذا الفصل من نظرية الأعداد. فقد تجاوز كمال الدين الفارسي تغيير الحساب الإقليدي إلى إيجاد موضوعات جديدة في نظرية الأعداد. وكان عليه تعميق ما كان ابن قرّة قد قاربه وبخاصة التحليل إلى عوامل توافقية وطرقها. كان من الضروري إذن التحقيق في تحليل عدد طبيعي إلى عوامله لإدخال الطرق التوافقية ومعرفة عدد القواسم أو القواسم الفعلية. كان هدف كمال الدين الفارسي من الأعداد المتحابة هو بالتالي الاتجاه نحو دراسة جديدة للدوال الحسابية الأولية. وانفتح بحث كمال الدين الفارسي على ثلاث قضايا لإيراد ما سمي بعد ذلك بمبرهنة الحساب الأساسية.

في هذا الإطار كان لشرح كمال الدين الفارسي (المتوفى ٧١٨ هـ / ١٣١٩م) - "تنقيح المناظر" - وضع محدد في تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها^(٤) . فهو لم يقصد من "تنقيح المناظر"، تكرار بحث ابن الهيثم في المناظر ، بل لخص نصه وصوبه. وأسهم في أغناء المصطلحات العلمية في المناظر، إذ إن مصطلحه لم يكن مطابقاً تماماً لمصطلح ابن الهيثم. وقد قرأ مناظر ابن الهيثم في السياق العام للبحث العلمي في نظرية الأعداد، والجبر ، والمناظر بوجه خاص. وقد شرح كتاب المناظر لابن الهيثم تحت عنوان "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر". هذا التنقيح ، بحسب تعبير الفارسي ، ينتهي بتعقيب على رسالة الكرة المحرقة لابن الهيثم . ولكتاب الفارسي - "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر" - أهمية على غير صعيد. فهو يوضح كيف فهم خلف ابن الهيثم مساهمته ، وحدود فهمهم له ، والانعطاف الذي أحدثوه على كتاب المناظر. وكان لهذا النص دور رئيس في التقدم الذي أحرزه الفارسي في تفسير قوس قزح والهالة. وتابع الفارسي الكتابة بشرح ثلاث رسائل أخرى لابن الهيثم، في كيفية الظلال ، وفي صورة الكسوف ، ومقالة في الضوء. إن بحث ابن الهيثم الهندسي لنقطة التقاء الشعاع المنكسر EA بالشعاع GB وهو الناظم على الكرة ، تمثيلاً لا حصراً، هو بحث صحيح ، على عكس النتائج الفيزيائية. ويرجع الخطأ كما يشرحه مصطفى نظيف إلى أن ابن الهيثم يعتبر موضع الخيال على العمود الواقع من النقطة المبصرة على السطح عند نقطة التقاء المنعكس إلى البصر أو المنعطف إليه بالعمود المذكور . وليس هذا صحيحاً إلا في الانعكاس عن السطوح المستوية أو عبر المستوية ، فلا يصح إلا إذا كانت نقاط السقوط قريبة جداً من مسقط العمود الخارج من مركز البصر ،

قائماً على السطح. وقد وجه كمال الدين الفارسي الانتقاد نفسه لابن الهيثم قبل ستة قرون من نقد مصطفى نظيف. وعلى الرغم من عدم الدقة هذه ، تبقى لدراسة ابن الهيثم أهمية خاصة ، إذ أنها الدراسة الأولى عن الكاسر الكروي ، وقد قاربت انتشار الضوء داخل الكاسر بقدر ما تناولت الصورة وموضعها.

وكان تعليق الفارسي 'على رسالة "الكرة المحرقة" لابن الهيثم هو المصدر الوحيد لتعرف مؤرخي البصريّات العصريين عليها. ويتفق الجميع على اعتبار رسالة ابن الهيثم هذه كأحدى قمم البحث البصري الكلاسيكي. يستعيد ابن الهيثم فيها ، وبدقة أكبر ، بعض نتائجه السابقة للعدسة الكروية. كما يعود إلى مسألة الإحراق بواسطة العدسة ، وهو ما أسس لمتابعة تطور فكر ابن الهيثم حول العدسة الكروية ، وذلك من خلال دراسة كيفية عودته إلى مسألة الإحراق بالانكسار ، وهي المسألة التي سبق لابن سهل أن طرحها. وغالباً ما ينقل الفارسي نقلاً حرفياً أفكار ابن الهيثم ليفسر بعد ذلك تفسيراً خاصاً، حيث دفع البحث الانكساري نحو مزيد من الدقة. فلم يقتصر عمل الفارسي على التعليق بالمعنى المألوف للكلمة ، بل نراه يتصرف في مجمل مناقشته أعمال ابن الهيثم كأفضل من فهم طريقة العالم ، وعرف كيفية استعمالها ليدفع قدماً إلى الأمام بعض فصول البصريّات : كقوس قزح والهالة، تمثيلاً لا حصراً.

يبدو أن الوصف الكمي لم يكن في عصر ابن الهيثم معياراً إجبارياً. لم تكن الأجهزة التجريبية في ذلك الوقت تقدر أن تعطي إلا فيماً تقريبية ؛ وبهذه الصفة استخدم ابن الهيثم القيم العددية المقتبسة من كتاب المناظر لبطليموس. وعاد الفارسي بعد ذلك التاريخ إلى ذلك البحث الكمي وطوره.

في تعليقه على رسالة "الكرة المحرقة" لابن الهيثم ، ركز كمال الدين الفارسي بوجه خاص على الدراسة الكمية التي بدأها ابن الهيثم. والنص الذي يخصصه لهذا الموضوع يعتبر عند المؤرخين أحد أكثر النصوص تأثيراً في تاريخ البصريّات ، إذ فيه إحدى أكثر الدراسات البصرية توسعاً في تلك الحقبة ، بل فيه بعض التمثيلات الدالية قبل تطور نظرية الدوال . يبتدئ الفارسي هذا القسم بمقولات حول العلاقات بين زوايا السقوط والانحراف والانكسار ، وحول فروق من المرتبة الأولى. ويتبعها الفارسي بجدول ، يدرس فيه القيم العددية لهذه المقادير في حال زوايا السقوط الواقعية بين $0^{\circ}59$ و $89^{\circ}59$ من خمس درجات إلى خمس آخر مذكراً بأنه استعان ، في هذا الحساب ، على شاكلة طريقة "قوس الخلاف". وكانت معلومات المؤرخين عن هذه الطريقة مقتصرة على اسمها ، وكان المؤرخون يحاولون تحديدها من القيم العددية في هذا الجدول. وهكذا إلى أن اكتشف المؤرخ حاشية في إحدى مخطوطات "تعليق" الفارسي ، وهي على الأرجح للمؤلف نفسه ، تفسر تلك الطريقة الاستكمالية المستعارة ، كما يوحي اسمها، من علم الفلك. وأضحى بإمكان رشدي راشد تحقيق "تعليق" الفارسي ودراسته.

فرضت أعمال ابن سهل البصرية ، وبصورة خاصة رسالة ابن سهل عن الحراقات إعادة بناء تاريخ علم الانكساريات عشية مساهمة ابن الهيثم الرئيسة في علم المناظر. إذ لم يعد جائزًا -بعد الكشف عن ابن سهل- تقديم مساهمة ابن الهيثم الرئيسة كامتداد لكتاب المناظر لبطلميوس وحده وبوصفها تتعارض مع كتاب المناظر لبطلميوس، في آن معاً ، إذ رسمت أعمال ابن سهل البصرية ، وبصورة خاصة رسالته عن الحراقات الجديدة، هيكلًا جديدًا لقراءة تراث ابن الهيثم من جديد. وكشفت أعمال ابن سهل عن موضوعات للبحث درسها ابن الهيثم، ولكن أعمال ابن سهل غابت عن بال المؤرخين الذين لم ينظروا إلى دراسات ابن سهل حول الكواسر والعدسات إيمانًا منهم بانتماء دراسات الكواسر والعدسات إلى عصر القرن السابع عشر الأوروبي الحديث.

خصص ابن الهيثم المقالة السابعة من كتاب المناظر، للانكسار. ولا يمكن دراسة الانكساريات عند ابن الهيثم من دون دراسة هذه المقالة. فتطرق رشدي راشد إلى أكثر أبحاث ابن الهيثم الانكسارية تقدمًا ، أي إلى أبحاث المقالة السابعة وقد خصصها ابن الهيثم للكواسر والعدسات. لذلك اقتصر رشدي راشد في دراسة ابن الهيثم في الانكسار ، على عرض أكثر الاستنتاجات أهمية وبرهن ابن الهيثم في المقالة السابعة من كتاب المناظر التي خصصها للانكسار ، على وجود الشعاعين الساقط والمنكسر ، والناظم في نقطة الانكسار ، في المستوى نفسه. من جهة أخرى، برهن ابن الهيثم بأن الشعاع المنكسر يقترب من الناظم إذا نفذ الضوء من وسط أقل كمدّة إلى وسط أكثر كمدّة ، وصح عنده العكس، أي أن ابن الهيثم برهن على أن الشعاع المنكسر يقترب من الناظم إذا نفذ الضوء من وسط أكثر كمدّة إلى وسط أقل كمدّة. وقد صاغ ابن سهل وبطلميوس هذا القانون. ولكونه هندسيًا ، يكتفى ابن سهل بالصياغة النظرية للقانون وبتطبيقاته ، بينما يتحقق ابن الهيثم منه بالتجربة ؛ وفي حين يتابع الهندسي ابن سهل فيصل إلى قانون سنيلليوس ، يكتفى ابن الهيثم الفيزيائي بالنسب بين زوايا السقوط وزوايا الانحراف ، ليصوغ لها القواعد ويتحقق منها بالتجربة، وكأن الضرورة التجريبية لعصر ابن الهيثم قضت بالتقهقر النظري. وأورد ابن الهيثم القواعد التالية :

١- تتغير زوايا الانحراف d بشكل مباشر مع زوايا السقوط i : فإذا كانت $I' > i$ في وسط n_1 ؛ يكون $d' > d$ في الوسط n_2 .

٢- إذا زادت زاوية السقوط بمقدار ما ، تزيد زاوية الانحراف بمقدار أقل : إذا كان $I' > I$ و $d' > d$ ، يكون معنا $d' - d < I' - i$.

٣- تزيد زاوية الانكسار بزيادة زاوية السقوط : فإذا كانت $I' > i$ ، نحصل على $r' > r$.

٤- إذا نفذ الضوء من وسط أقل كمة إلى وسط أكثر كمة ، $n_1 < n_2$ ، يكون معنا $d < i/2$ ؛ وفى الانتقال المعاكس ويؤكد أنه ، إذا دخل الضوء من وسط n_1 ، بحسب زاوية السقوط نفسها ، إلى وسطين مختلفين n_2 و n_3 ، عندها تختلف زاوية الانحراف d لكل من هذين الوسطين ، بحسب اختلاف الكمة. فتكون تمثيلاً لا حصراً ، $d_3 > d_2$ إذا كانت n_3 أشد كمة من n_2 ، أو إذا كانت n_1 أشد كمة من n_2 التى هى أشد كمة من n_3 .، يكون معنا $d < (i+d)/2$ ونحصل على $2i > r$.

٥- استعاد ابن الهيثم القواعد التى نصّها ابن سهل فى رسالته البرهان على أن "الفلك ليس هو فى غاية الصفاء" وعلى عكس ما اعتقده ابن الهيثم عند صياغته القواعد السابقة -تغير زوايا الانحراف، زيادة زاوية السقوط، زيادة زاوية الانكسار، نفاذ الضوء، قواعد ابن سهل- رأى رشدى راشد أن هذه القواعد الكمية ليست صحيحة بوجه عام. فهذا هو شأن الحالتين الثانية -زيادة زاوية السقوط- والرابعة -قواعد ابن سهل-. لكنها تصمد جميعاً أمام الاختبار التجريبى ضمن حدود الظروف التجريبية التى استخدمها ابن الهيثم فى الأوساط الثلاثة ، الهواء والماء والزجاج ، وبزوايا سقوط لا تتعدى 80° .

٦- صاغ ابن الهيثم مبدأ الرجوع المعاكس (العودة المتطابقة) الذى عرفه أسلافه وطبقوه .

هذه هى قواعد الانكسار كما استعملها ابن الهيثم.

٤-٢- الكاسر الكروي

أما دراسات ابن الهيثم عن الكواسر والعدسات، فقد قارب الكاسر الكروي فى المقالة السابعة من "المناظر". وقد لاحظ رشدى راشد أولاً أن هذه الدراسة تندمج فى فصل مسألة الصورة ، وليست بالتالى مستقلة عن مسألة الرؤية. وميز ابن الهيثم حالتين ، بحسب موضع المنبع ، وهو نقطة ضوئية على مسافة متناهية ، تكون إما من الجهة المقعرة أو من الجهة المحدبة لسطح الكاسر الكروي. ودرس رشدى راشد هذين الوضعين تباعاً، بدءاً بالحالة التى يأتى فيها الضوء المنكسر من نقطة B موجودة فى الوسط الأكثر كمة، نحو نقطة A ، موجودة فى الوسط الأقل كمة، ويكون تحدّب الكرة لجهة A .

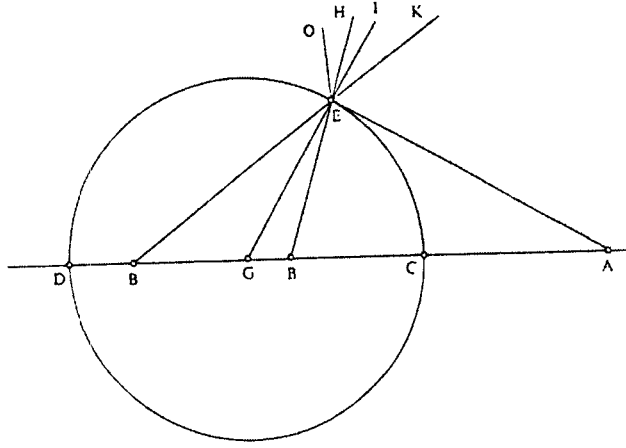
لتكن G مركز الكرة. يذكر ابن الهيثم أن انكسار شعاع منطلق من B وينكسر نحو A ، يحتم وجود النقاط A ، B و G فى مستوٍ متعامد مع السطح الكروي. فإذا كانت النقاط A ، B و G موجودة على الخط المستقيم

نفسه، فكل مستوي يمر في AB يفي بشروط المسألة ؛ أما إذا كانت غير ذلك، فإنها تحدد مستويًا قطريًا، وبالتالي متعامدًا مع السطح الكروي .

درس ابن الهيثم ، تبعًا ، حالتين تبعًا لانتماء النقطتين A و B إلى القطر نفسه أو عدم انتمائهما له. افترض رشدی راشد أولاً أن A و B هما على القطر CD نفسه. هنا برهن ابن الهيثم أن BC وحده ينفذ إلى A من دون أن ينكسر ؛ وعندما تكون B على $[C, D]$ ، فإنها لا ترى إلا من النقطة C باتجاه BCA ، وللبرهان على هذه النتيجة ، يعرض ابن الهيثم للحالات التالية :

إذا كانت $B = G$ ، فكل شعاع ينطلق من B هو عمودي على الكرة ولا ينكسر؛ وشعاع BC وحده يمتد إلى العين A ؛

إذا $B \in]G, C[$ ، ينكسر أي شعاع BE مبتعدًا عن الناظم باتجاه EO ولا يمر في A .



إذا $B \in]D, G[$ ، عندما لا ينكسر BE نحو النقطة A . لبرهان هذه الحالة، افترض ابن الهيثم أن BE ينكسر في E طبقًا لـ EA ؛ فتكون زاوية الانحراف $KEA = d$ في هذه الحالة تكون زاوية خارجية للمثلث EBA ، وتون بالتالي $\angle KEA > \angle KBG$. لكن $GE > GB$ ، أي أن $\angle BEG > \angle EBG$ ، حيث إن :

$\angle BEG > \angle KEA$ ؛ وهذا يعني أن $d > i$ ؛ حيث إن : $\angle IEA = r = d + i > 2i$ ، وتمتنع هذه النتيجة بنظر ابن الهيثم، إذ برأيه أن $d < i$ ؛ كما أشار سابقًا . نذكر مجددًا أن هذه النتيجة ليست عامة ، ولكنها صحيحة بالنسبة إلى وسطى ابن الهيثم -الهواء- الزجاج ، حيث $n = 3/2$.

ثم درس رشدی راشد الحالة الثانية حيث لا تكون A و B على القطر نفسه. يأخذ ابن الهيثم B داخل الكرة، ويكون المستوي DAB قطريًا، إذا انكسر شعاع منطلق من B فاتجه نحو A ، يكون بالضرورة في هذا المستوى. برهن ابن الهيثم على أنه إذا انكسر شعاع BE واتجه نحو A يكون وحيدًا. افترض وجود شعاع

آخر ينكسر في M مختلفة عن E وينتجه نحو A . يقطع الشعاع GE الشعاع BM في S . لتكن H و N على امتداد BE و BM على التوالي.

$$\angle BEG = \angle HEI = i, \angle HEA = d, \angle GEA = \pi - r, \angle BEA = \pi - d. \therefore$$

$$\angle BMG = \angle NML = i_1, \angle NMA = d_1, \angle GMA = \pi - r_1, \therefore$$

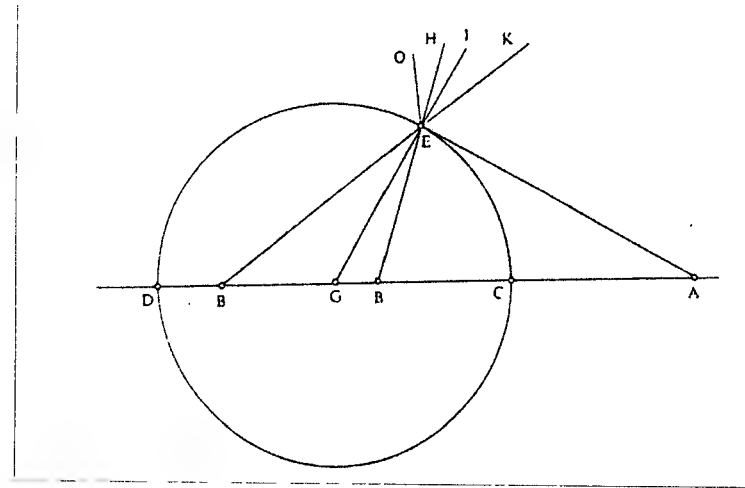
$$\angle BMA = \pi - d_1. \therefore$$

بأخذ رشدی راشد المثلثين BMA و BEA ، إذا $i < i_1$ ، عندئذ $d < d_1$ وبالتالي $\angle BMA > \angle BEA$ ، وهذا مستحيل؛ وإذا كانت $i > i_1$ ، عندئذ $\angle HEL > \angle NML$ أو $\angle GMB > \angle GEB$ ، ولذلك $\angle MGE > \angle MBE$ ، إذ لدينا في المثلثين BES و MGS : $\angle GMB - \angle GEB = \angle MBE - \angle MGE$ أو $\angle GMB + \angle MGE = \angle GEB + \angle MBE$ ؛ لذلك : $\angle MGE = \angle GEB + \angle MBE$ ، فإذا كانت $\angle MGE > \angle GEB + \angle MBE$ ، يصبح $2EM > EM + OP$ و $\angle MGE = EM$ و $\angle MBE = 1/2(EM + PO)$ ، فإذا كانت $\angle MGE > \angle GEB + \angle MBE$ ، إذن $\angle MGE - \angle MBE = 1/2(EM - PO) < 1/2(EM + PO)$ ، $\angle MBE < \angle MGE$ ، أي $(i - i_1 < \angle MBE)$ ، إذا : $\angle HEI - \angle NML < \angle MBE$ أي أن

لذلك $\angle HEA - \angle NMA < \angle MBE$ ، لأن $(d - d_1 < i - i_1)$ وبالتالي :

$$\angle AEB - \angle AMB = (-d_1) - (-d) = d - d_1 < \angle MBE$$

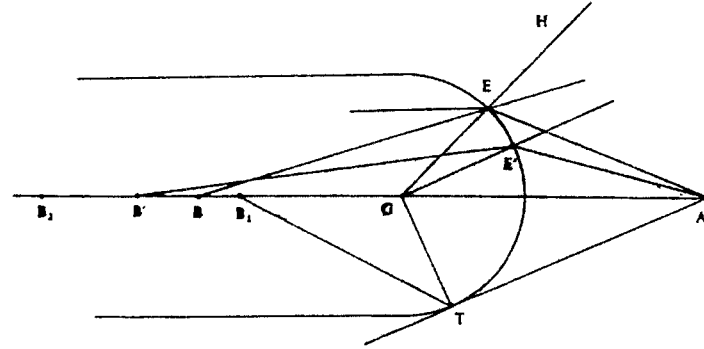
وهذا أمر مستحيل لأن :



$$\angle AMB - \angle AEB = \angle EMB + \angle EBM$$

أن يكون معنا: $\angle MBE < \angle NML - \angle HEI$ أى $(\angle MBE - \angle i_1) < \angle NMA - \angle A$ ، لأن $(d - d_1 < i - i_1)$. وبالتالي : $\angle MBE - \angle AEB = (-d_1) - d = d - d_1 < \angle MBE$ وهذا أمر مستحيل لأن: $\angle AMB - \angle AEB = \angle EMB + \angle EBM$.

واستخلص ابن الهيثم امتناع وجود شعاع غير BE ينطلق من B وينكسر نحو A . وهذه الخلاصة - لا يوجد شعاع غير BE ينطلق من B وينكسر نحو A - ليست تصح صحة عامة بل تصح ، حسب شرح رشدي راشد، للنقاط الواقعة على مقطع $[B_1, B_2]$ من المستقيم AD . ودرس رشدي راشد كابن الهيثم ، حالة الزجاج، $n > 1$ ، وافترض $GA = I$ ، α_1 زاوية شعاع مماس للكرة . لدى رشدي راشد $I > R$ ولتكن $\alpha = \angle GAE$ زاوية الشعاع AE ، لدينا $(0 < \alpha < \alpha_1)$ و $\sin \alpha = R/I$. وترتبط الزاويتان α و i التى تساوى الزاوية AEH بالعلاقة : $I/\sin i = R/\sin \alpha$:



إن حلول ابن الهيثم فى دراسته الكرة المحرقة ، ولاسيما تلك التى تمسّ وضع نقطة الانكسار الثانية، لم تدفعه إلى إعادة النظر فى الاستنتاج الذى أشار إليه رشدي راشد حول وضع نقطة الانكسار الثانية. وبين رشدي راشد

أن ابن الهيثم برهن أن سقوط الشعاع IM بزاوية i وانكساره تبعاً لـ MB يرسم قوساً $CB = 2r - i = i - 2d$ ، وعلى أساس من قيم بطليموس ، كشف ابن الهيثم فى حالتى $i = 40^\circ$ و $i = 50^\circ$ أن $CK = 10^\circ - i = 2r$ ، فحصل على النقطة K نفسها فى كلتا الحالتين. غير أنه فى $n = 3/2$ ،
 $I = 40^\circ, 2r - i \cong 10^\circ 44'$;
 $I = 50^\circ, 2r - i \cong 11^\circ 26'$;

وإذا افترضنا :

$$(1) \overline{CB} = 2r - i = r - d = \varphi(i),$$

يرى الباحث للدالة φ قيمة عظمى عند زاوية السقوط $i = i^\circ = 49^\circ 48'$

ثم أثار رشدي راشد السؤال الإشكالي : ما الأسباب التي دفعت ابن الهيثم لاعتماد النقطة k نفسها لزاويتي السقوط 40° و 50° ؟ هل اعتمد ابن الهيثم قيم بطلميوس العددية من دون إعادة لقياسها ؟ هل الوسائل التجريبية التي بحوزة ابن الهيثم حالت دون بلوغ دقة أكبر ؟

أشار رشدي راشد، من جهة أخرى، إلى أن ابن الهيثم لم يدرس موضع النقطة B في حالة وقوع i بين 40° و 50° ، أي سلوك الدالة φ على هذا المجال. وفي هذه النقطة تحديدا تدخل الفارسي ليدقق هذه التغيرات لكل من d و r وبالتالي للقوس CB . بدأ الفارسي بدراسة الفرق من المنزلة الأولى $\Delta(2r-i)=\Delta r-\Delta d$ ليستنتج وجود زاوية "الفصل"، كما سماها ما بين 40° و 50° بحيث :

إذا كانت $i_0 < i < i_0 + \Delta i$ يكون $\Delta r > \Delta d$ والفرق $\Delta r - \Delta d$ يتناقص ويميل إلى الصفر عندما تميل i إلى i_0 .

وإذا أخذنا : $i_0 < i < i_0 + \Delta i$ فيكون $\Delta r < \Delta d$ وتزيد $\Delta d - \Delta r$ مع زيادة i . يكون معنا إذا : $\Delta(r-d) = \Delta(2r-i) > 0$ في الحالة الأولى، و $\Delta(r-d) < 0$ في الحالة الثانية.

و هذا ما يبين قيمة عظمى عند القيمة i_0 لزاوية السقوط .

ثم أعد الفارسي جدولته ودرس قيم $\Delta r, r, d$ و Δd تبعاً لتغير i ثم قسم الجدول إلى قسمين، حسبما تكون i $i_0 <$ أو $i_0 > i$. وسجل رشدي راشد أن نتائج الفارسي تتطابق مع نتائج بطلميوس بالنسبة إلى قيم زوايا السقوط المأخوذة من 10° إلى 10° بدءاً من 40° إلى 90° ، وتغيب هذه المطابقة للزوايا التي هي دون 40° عاد رشدي راشد إلى طريقة الفارسي في إنشاء هذا الجدول، وهي الطريقة التي يصفها بالطريقة "الدقيقة"، لتحديد أسباب ذلك التباين.

كان هدف الفارسي هو حساب d للزوايا المتغيرة من خمس درجات إلى خمس درجات، من الصفر وحتى 90° ، وبوجه أعم، للزوايا التي تتغير من درجة إلى درجة على المجال نفسه. غير أنه ألزم هذا الحساب إلزامين. الإلزام الأول هو التأسيس على معطيات بطلميوس لـ $i = 40^\circ$ و $i = 50^\circ$ ، تماماً كما أسس ابن الهيثم، والإلزام الثاني هو تطبيق المتباينة $i/2 < d < i/4$ المدرجة عند ابن الهيثم. ويؤدي هذان الإلزامان إلى مجموعة أولى من القيم :

$$i \cong 0^\circ \frac{d}{i} \cong \frac{1}{4} = 0^\circ 15'$$

$$i \cong 40^\circ \frac{d}{i} \cong \frac{3}{8} = 0^\circ 22'30''$$

$$i \cong 50^\circ \frac{d}{i} \cong \frac{2}{5} = 0^\circ 24'$$

$$i \cong 90^\circ \frac{d}{i} \cong \frac{1}{2} = 0^\circ 30'$$

قسم الفارسي المجال $[0^\circ, 90^\circ]$ إلى 18 مجالا صغيرا ، وزعها على مجموعات ثلاث : 8 مجالات من صفر إلى 40° ، مجالين من 40° إلى 50° و 8 مجالات من 50° إلى 90° . فيكون متوسط زيادة d/i على 18 مجالا هو : $\Delta(d/i) = 1/4 \cdot 18 = 0^\circ 0' 50''$

و في مجال :

$$i \in [0^\circ, 40^\circ], \Delta\left(\frac{d}{i}\right) = 59'' 15''$$

$$i \in [40^\circ, 50^\circ], \Delta\left(\frac{d}{i}\right) = 45''$$

$$i \in [50^\circ, 90^\circ], \Delta\left(\frac{d}{i}\right) = 45''$$

ولاجتناب حدوث قفزات كبيرة في تتالي الزيادات على مجالات 5° ، كان من الضروري إجراء تصحيح ما. لكن الفارسي عرف بأن كل تصحيح على $\Delta(d/i)$ بين 40° و 90° يغير قيمة d عندما تكون $i=50^\circ$ والتي هي احدى المعطيات. لذلك قرر الاحتفاظ بـ $\Delta(d/i)$ ثابتة على المجال $[40^\circ, 90^\circ]$ ، أي $\Delta(d/i) = \Delta_0 = 45''$ ، وإجراء تصحيح على $[0^\circ, 40^\circ]$ مقداره $\Delta(d/i) - \Delta_0 = 11'' 15''$ مما يعطى للمجالات الثمانية الفرق $1' 30''$. افترض الفارسي أن $\Delta(d/i)$ تنقص بشكل منتظم بكمية $\Delta_2 = \Delta[\Delta(d/i)]$ في المجال الواحد ، لتصل إلى $\Delta_0 = 45''$ في المجال التاسع ، ولذلك : $(1+2+\dots+8)\Delta_2 = 1' 30''$ أي : $36\Delta_2 = 1' 30''$ و $\Delta_2 = 2'' 30''$. وهكذا وصل الفارسي إلى زيادات مصححة على المجالات الثمانية الأولى. وعلى أساس من هذه الزيادات المصححة ومن الزيادات الثابتة على المجالات العشرة التالية ، حسب النسب d/i ، حيث i هي من أضعاف الزاوية 5° ، يستنتج منها حساب قيم d المدرجة في الجدول. وأشار رشدي راشد إلى أن حساب d للزاويتين $i=15^\circ$ و $i=35^\circ$ يعطى على التوالي $d=4^\circ 31' 52'' 30''$ و $d=12^\circ 39' 47'' 30''$ ، ورفعها الفارسي إلى القيمة الأعلى. وتفصيل طريقة الفارسي كالتالي :

فهو افترض أن :

$$1 - \Delta\left(\frac{d}{i}\right) \text{ ثابتة على المجال } [40^\circ, 90^\circ] .$$

$$٢- \Delta(\frac{d}{i}) \text{ ثابتة على المجال } [0^\circ, 40^\circ] .$$

من البديهي أن تقود هذه الطريقة إلى دالة لـ d/I بوصفها تابعاً لـ I وبالتالي ،

$$١- \text{ على المجال } [40^\circ, 90^\circ] \text{ يكون في حال كانت } I \text{ من أضعاف } 5^\circ$$

$$k = \frac{i-40}{5} \text{ حيث إن } \frac{d}{i} = (\frac{d}{i})_{40} + k\Delta 0$$

$$\frac{d}{i} = 22'30'' + k.45'' + \frac{3}{8} + \frac{i-4}{5} \cdot \frac{1}{80}$$

$$d = \frac{i^2 + 110i}{400} \text{ و } \frac{d}{i} = \frac{i+110}{400}$$

ذلك هو القانون الذى صاغه كبلر. ذلك هو القانون الذى كان كامناً فى لوائح بطلميوس. عاد فيثليون إلى لوائح بطلميوس، بعد ذلك. وأسس ذلك لإعادة تركيب جدول قيم بطلميوس بكاملها لقيم الزوايا i من 10° إلى 10° . كما صاغ قيم d للزوايا i التى تتغير من 5° إلى 5° فى جدول الفارسى ، ولكن اقتصر على المجال $[90^\circ, 40^\circ]$

$$٢- \text{ تكون } \Delta_2 = 2''30'' \text{ ، على المجال } [0^\circ, 40^\circ] \text{ ثابتة، وباعتبار } \Delta_{40}^{50} = 45'' \text{ تصبح قيم } \Delta_{i-5}^i \text{ ، كالتالى:}$$

$$\Delta_2 = 2''30'' = 2,5/3600 \text{ و } k = 45 - i/5 \text{ حيث أن } \Delta_{i-5}^i(d/i) = 45' + k.\Delta_2$$

$$\Delta_{i-5}(d/i) = 1/80 + 45 - ii/7200 = 135 - i/7200$$

$$\text{و إذا كانت } i \text{ من أضعاف } 50^\circ : \Delta_{i-5}^i = 1/4 + \Delta_0^5 + \Delta_5^{10} + \dots + \Delta_{i-5}^i$$

$$\text{افترض رشدى راشد أن } i = 5x \text{ ، حيث } x \in \{1, 2, \dots, 8\}$$

$$\text{و حصل على : } \Delta_{i-5}^i = 135/7200 - 5x/7200$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{i} &= \frac{1}{4} + \frac{135x}{7200} - \frac{5}{7200}(1+2+\dots+x) \quad \therefore \\ \frac{d}{i} &= \frac{1}{4} + \frac{135x}{7200} - \frac{1}{2} \cdot \frac{5x(x-1)}{7200} \quad \therefore \\ \frac{d}{i} &= \frac{18000 + 265i - i^2}{7200} \quad \therefore\end{aligned}$$

ارتكزت طريقة الفارسي على دراسة الدالة $(i)\phi d/i=$ بدالة أفينية على المجال $[40^\circ, 90^\circ]$ ، وبدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية على المجال $[0^\circ, 40^\circ]$ وهو ما أسس للتعبير عن d بدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية في الحالة الأولى ، ومن الدرجة الثالثة في الحالة الثانية. وتصبح عندئذ عملية الحساب أبسط:

(١) في حال :

$$i \in [40^\circ, 90^\circ], \frac{d}{i} = ai + b, d = ai^2 + bi.$$

$$15 = 1600a + 40b \text{ حيث } D=15^\circ, i=40^\circ$$

$$20 = 2500a + 50b \text{ حيث } D=20^\circ, i=50^\circ$$

$$\text{فاستنتج أن : } a = \frac{1}{400} \text{ و } b = \frac{11}{40}$$

$$\therefore d = \frac{110i + i^2}{400}$$

$$\frac{d}{i} = ai^2 + bi + c, d = ai^3 + bi^2 + ci;$$

(٢) في حال : $i \in [0^\circ, 45^\circ]$,

وأمكن رشدي راشد إدراج المجال $[40^\circ, 50^\circ]$ في الحالة الثانية أو في الحالة الأولى على السواء وفقاً

$$\frac{d}{i} = ai^2 + bi + c, d = ai^3 + bi^2 + ci; \text{ : لمنهج الفارسي لتصحيح المجالات}$$

$$\text{في حال : } i=0^\circ \text{ يكون } \frac{d}{i} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{d}{i} = \frac{1}{8} \text{ يكون } I=40^\circ$$

$$I=45^\circ \text{ يكون } \frac{d}{i} = \frac{31}{80} \text{ (محسوبة على أساس : } \frac{d}{i} = \frac{110+i}{400} \text{)}$$

ومنه المنظومة :

$$\frac{3}{8} = 1600a + 40b + \frac{1}{4},$$

$$\frac{31}{80} = 2025a + 45b + \frac{1}{4},$$

والتي تكتب :

$$40a + b = \frac{1}{320},$$

$$45a + b = \frac{11}{3600},$$

$$\therefore b = \frac{53}{43600} \text{ و } a = -\frac{1}{20.3600}$$

$$\therefore d = \frac{-i^3 + 265i^2 + 18000i}{72000}$$

و قد أسست هذه المعادلات لحساب قيمة d التقريبية عندما تتغير i من درجة إلى درجة ، أو إلى أية قيمة لزاوية السقوط i . وهناك إمكان الحصول على هذه القيم باستعمال الاستكمال الخطي على كل واحد من المجالات المؤلفة من $\Delta_i = 5^\circ$ والمحددة في جدولته.

حسب رشدي راشد d للزاوية $i = 12^\circ$ بهاتين الطريقتين. حصل بواسطة المعادلة على :

$$d = \frac{-12^3 + 12^2 \cdot 265 + 12 \cdot 18000}{72000} = 3 + \frac{253}{500} = 3^\circ 30' 22''$$

و بالاستكمال الخطي على :

$$D_{10} = 2^\circ 51' 15'', d_{15} = 4k31'53'', \Delta_d = 1^\circ 40' 38'',$$

$$\Delta_{12} = d_{10} + \frac{2}{5} \Delta_d = 2^\circ 51' 15'' + 40' 14'' = 3^\circ 31' 29''$$

تختلف هاتان النتيجتان ، كما لاحظ رشدي راشد، بدقة واحدة تقريباً .

و لاحظ رشدي راشد أن الفارسي لم يدخل في عرضه الفروق من المنزلة الثانية للزاويا $40^\circ < i < 90^\circ$ أي Δ_2 ، والفروق من المنزلة الثالثة للزاويا $0^\circ < i < 40^\circ$ ، أي $(\Delta_3 = \Delta(\Delta_2))$ ، إذ لا تستوجب الطريقة ، التي عرضها رشدي راشد، تدخل هذه القيم، فضلاً عن قيادة هاتين الدالتين من الدرجتين الثانية والثالثة ، الأولى إلى Δ_2 ثابتة ، والثانية إلى Δ_3 ثابتة. ويكشف رشدي راشد من جهة أخرى، عن طريقة الاستكمال نفسها بالمنزلة الثانية ، تحت الاسم نفسه في "زيج الخاقاني" للكاشي، وبدا له أن أصل طريقة الاستكمال نفسها بالمنزلة الثانية

يعود إلى القرن العاشر الميلادي عند الخازن. تلك كانت طريقة الفارسي، الفيزيائية. واستنتج قيم الانحراف لأي سقوط كان بين وسطين محددين. قسم الفارسي، المجال $[0^\circ, 90^\circ]$ إلى مجالين أصغر، حيث يقارب الدالة $f(i) = d/i$ بدالة أفينية على $[40^\circ, 90^\circ]$ وبدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية على المجال $[0^\circ, 40^\circ]$. ثم يصل بالتالي، بين الاستكمالين، فافرضاً على الفرق الأول أن يكون نفسه في النقطة $i=40^\circ$ ، أو بعبارة أخرى يفرض على المنحنيين أن يكونا مماسين في هذه النقطة؛ فإذا بحث الباحث عن المشتقين بدل استعمال طريقة الفارسي في البحث عن الفروق المتناهية للدالتين اللتين تؤلفان الخوارزمية، وكشف رشدي راشد، على التوالي، عن $14400/37$ و $14800/37$. واستخلص رشدي راشد أن طريقة الفارسي لا تتطابق مع طريق بطليموس، ولا مع طريقة عالم تجريبي يعرف قانون سنيلليوس. وتتشابه من دون شك طريقتي الفارسي وبتليميوس لنهوضيهما على علم الفلك. غير أن طريقة الفارسي لا تقتصر على تحويل متسلسلة من قيم عددية ناتجة من الملاحظة إلى متوالية حسابية بل هي طريقة دقيقة رياضية، ارتكزت على ملاحظتين لزاويتي السقوط 40° و 50° ، وهما مستعارتان من بطليموس عبر ابن الهيثم ومن تقديرين لـ d/i ، هما $1/4$ جوار الصفر و $1/2$ في جوار 90° . وذلك بهدف تحديد المنزلة الثانية للفرق على المجال: $[0^\circ, 40^\circ]$ ليحسب المنزلة الأولى للفرق على $[0^\circ, 40^\circ]$. ومن قيمتين تجريبيتين، يطبق الفارسي خوارزميته ليحصل على كل القيم غير المقاسة التي يرى أن التنبؤ بها بدقة من وظيفة الحساب. فإن جدول الفارسي لا يهدف إلى تدوين نتائج الملاحظة، الخام أو المصححة، بل تكمن وظيفته في استخلاص نتائج حسابية جبرية من قيمتين تجريبيتين. فالحساب الجبري ليس إذاً أداة بحث كمّي دقيق وحسب، بل إن الحساب الجبري، بالنسبة إلى الفارسي، علم استكشافي، في جزء هو أكثر أجزاء المناظر الهندسية ارتباطاً بالفيزياء. غير أن طريقة كمال الدين الفارسي، بحسب تقويم رشدي راشد، تبقى محدودة، إذ ترتبط الدالة الأفينية – وكذلك الدالة المتعددة الحدود من الدرجة الثانية – بشروط تجربة الانكسار في وسطى الهواء والزجاج. ولا تكمن المشكلة في التقنية الرياضية، بل في فكرة الفارسي. يفكر الفارسي بعبارات صنف خاص من المعطيات التجريبية، من دون البحث عما يميز هذا الصنف عن سواء من الصنوف. ولم يدرس الفارسي هذه الدراسة لماهيتها، وبهدف التعليق على نص ابن الهيثم وحسب بل استخدمها الفارسي في أبحاثه الرئيسة حول قوس قزح والهالة، حيث استعاد مسألة الإبصار من خلال كرة شفافة، وأبدع في نظرية الألوان.

خامساً – مخطوطات ابن سهل وبداية علم الإنكساريات

كان أساس تحقيق رشدي راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه في مدى تأثير كتاب "المناظر" لبتليميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص) في علم المناظر عند العرب^(٥). وكان أساس تحقيق

رشدی راشد لمخطوطات ابن سهل الآخر، إذن، هو قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس في البحث في الرياضيات في القرنين التاسع الميلادي والعاشر الميلادي.

٥-١- تغيير موقع ابن الهيثم في تاريخ العلوم

قاد هذان الأساسان إلى تغيير موقع الرياضى والفيزيائى ابن الهيثم (المتوفى سنة ١٠٤٠) فى تاريخ العلوم. كذلك قاد الأساسان -مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص)؛ قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى- إلى تحديد نشأة الوقائع العلمية الكلاسيكية وتطورها.

جدد ابن الهيثم، لأول مرة، علم المناظر ليشمل موضوعات تجاوزت أسلافه الهلينستيين. ودرس رشدی راشد شروط ذلك التجديد فى علم المناظر بخاصة، وفى الفيزياء بعامة، كما حدد أسباب التوسع فى مجالات البحث. وكان من البدهى أن يفقد ذلك رشدی راشد إلى إعادة قراءة لتاريخ فصول عدة من علم المناظر : المرايا المحرقة أولاً، ومن ثم النظرية الهندسية للعدسات، ثم علم انكسار الضوء. ولم يكن ذلك الخيار، اعتباطياً *ARBITRARINESS* إنما كان ضرورياً، وجوهرياً، وطبيعياً، فقد أوحى به المجالات المتعددة التى درسها ابن الهيثم. فلقد درس ابن الهيثم المرايا المحرقة والكرة كما أفرد أجزاء كاملة من كتاب المناظر للكاسر الكروي. ومن خلال تحديد رشدی راشد موقع دراسات ابن الهيثم فى المرايا والكرات والكواسر، على خريطة مشروع ابن الهيثم، اجتنبت تصوير ابن الهيثم وكأنه وريث بطلميوس. فإن دراسة رشدی راشد هذه الفصول قادت إلى اكتشاف نتائج جديد وأسست لبيان وجه جديد على مسرح التاريخ : ابن سهل. هذا النتائج هو دراسة تظهر فيها وللمرة الأولى النظرية الهندسية للعدسات. أما الوجه فهو وجه رياضى فريد عاش فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادى، عُرف باسم ابن سهل. عرفه ابن الهيثم ودرسه. وقد قاد ذلك الكشف رشدی راشد إلى إعادة النظر فى تاريخ الانكساريات، إذ بدا جلياً أن نظرية الانكساريات ليست من نتائج علماء نهاية القرن السادس عشر الميلادى، وأن دراسة انكسار الضوء ومعرفة قانون سنيلليوس ينتميان إلى القرن العاشر الميلادى. من هنا تغير موقع ابن الهيثم نفسه فى تاريخ الرياضيات. صار لابن الهيثم أسلاف، إلى جانب بطلميوس، وفى الحقبة الممتدة من بطلميوس إلى ابن الهيثم، نهض تجديد ابن الهيثم على حساب تقهقر نسبى لابن الهيثم. فبدلاً من البداية من قانون سنيلليوس الذى اكتشفه ابن سهل، عاد ابن الهيثم إلى مقارنات النسبة بين الزوايا. ومن خلال دراسة عمل ابن سهل، طرح رشدی راشد تجديد ابن الهيثم طرحاً جديداً. وقد قدم ذلك الطرح الجديد فى سياق تقديم المخطوطات الأساسية لعلم الانكساريات عند العرب، أى أهم ما كتب فى هذا المجال قبل القرن السابع عشر الميلادى. لذا حقق رشدی راشد، وللمرة الأولى، "الرسالة"

لابن سهل ، وكذلك ما وصل إليه من دراساته الأخرى حول المناظر، عدا كتابات ابن الهيثم وكمال الدين الفارسي. وهكذا فلقد أثبت رشدي راشد وشرح ستة نصوص هي : "رسالة" ابن سهل وكلامه حول صفاء الفلك ونصين من كتاب ابن الهيثم السابع في كتاب المناظر - يبحث النص الأول في الكاسر الكروي والنص الآخر في العدسة الكروية - و"رسالته" حول الكرة المحرقة ، وشرح كمال الدين الفارسي. ولا تقتصر أهمية البحث في المرايا المحرقة والعدسات على مجالي انعكاس الضوء وانكساره إنما تتعداهما لتشمل علم "الهندسة". فاحدى السمات التطبيقية البارزة في مجالي انعكاس الضوء وانكساره فضلا عن علم الرصد الفلكي، قد غابت عن بحث مؤرخي العلوم قبل رشدي راشد. لذلك ظهر انتماء الرياضيين في اللغة العربية إلى المدرسة الأرسيميدية الجديدة والأبولونية. لذلك خصص رشدي راشد جزءا مهما من بحثه لعلماء الرياضيات الأرسيميديين الجدد، الذين حاولوا في ما بين القرنين التاسع الميلادي والحادي عشر الميلادي ، استعادة طرق أرشميدس أو تجديدها بهدف حساب مساحات السطوح المنحنية ، وأحجام المجسمات الناجمة عنها، لتحديد مراكز الثقل فيها ، وبحوث من طوروا الهندسة التحليلية بفضل نظرية القطوع المخروطية. وقد بلغ ذلك التراث ذروة مجده في بحث ابن الهيثم، كما فرض ابن سهل نفسه كأحد أكثر الوجوه بروزا في طائفة الرياضيين الذين لمعوا في النصف الثاني من القرن العاشر الميلادي أمثال القوهي والصاغاني والسجزي.

بحث ابن سهل في حساب مساحة قطع مكافئ وتحديد مراكز الثقل، وإنشاء المسبّع في الدائرة ، والتحليل الهندسي وغيرها من المسائل. ولكونه عالما في انكساريات الضوء وانعكاسه ، فقد بحث ابن سهل في الخصائص البصرية للمخروطات وفي طرق الإنشاء الميكانيكي لرسمةا رسما متواصلا. وأمكن رشدي راشد القول إن هذا المنحى التطبيقي للبحث الهندسي ، والذي اقتضته ضرورات الدراسات البصرية ، ظهر مرة أخرى في حل بعض المسائل الفلكية. وانكب رشدي راشد على دراسة القوهي وابن سهل الإسقاطية للكرة على أساس من دراسة الاسطرلاب. بنى ابن سهل في شرحه -إيضاحات ابن سهل للنقاط الغامضة في نظرية القوهي ، وإتمامه بعض براهين القوهي- رسالة القوهي" حول نظرية الاسطرلاب الهندسية، ذلك المجال الجديد في البحث الهندسي. وذلك هو السبب الذي يقف وراء تخصيص ابن سهل ، صاحب علم المخروطات والمناهج الإسقاطية، بحثا كاملا لدراسة الخصائص التوافقية للقطوع المخروطية الثلاث. ومع أهميتها في تاريخ المناهج الإسقاطية والبحث في المخروطات ، أى في تاريخ الهندسة كله، لم تحظ تلك الأعمال العلمية الثلاثة بأية دراسة قبل دراسة رشدي راشد. أثبت رشدي راشد وللمرة الأولى، تلك الأعمال العلمية الثلاثة وترجمها. وبيّنت دراسات رشدي راشد لبحوث ابن سهل الرياضية و"رسالة" القوهي ، تلك الروابط بين البحث الهندسي من جهة والبحث البصري والفلكي ، من جهة أخرى. وهكذا ظهر لرشد راشد كيف أن

رياضي القرن العاشر الميلادي طوروا الهندسة الهلنستية، واستحدثوا حقولاً هندسية جديدة ، كالطرق الاسقاطية في ذلك المجال والهندسة الجبرية في مجال آخر. ورأى رشدي راشد كيف انتمى ابن الهيثم، في مجالي البحث والطرق، إلى تراث ابن سهل.

٥ -٢- تراث ابن سهل

لم يدرس رشدي راشد من أعمال ابن سهل في البصريات سوى مخطوطتين : أولهما رسالته الآلات المحرقة التي كتبها في بغداد ما بين عامي ٩٨٣ و ٩٨٥ وأهداها إلى البويهى ملك تلك الحقبة . أما المخطوطة الثانية ، وهي كتاب "البرهان على أن الفلك ليس هو في غاية الصفاء". وهما تكشفان عن المصادر الأساسية للبحث في علم البصريات في تلك الحقبة والتي هي ، أعمال الانعكاسيين القدامى حول المرايا المحرقة ، من جهة ، وكتاب المناظر لبطلميوس من جهة أخرى. اطلع ابن سهل على كتب عدة للانعكاسيين القدامى والتي درست مسألة المرايا المحرقة ولكنها لم تتطرق إلى موضوع العدسات. فابن سهل استشهد بكتاب المناظر لبطلميوس ودرس الجزء الخامس حول الانكسار، بخاصة. ومن خلال التقاء هاتين المدرستين (مدرسة الانعكاسيين والمدرسة البطلميوسية)، من خارج مدرسة جالينوس ومدرسة الفلاسفة، درس رشدي راشد إسهام ابن سهل ، وأسس لرؤية بداية علم الانكساريات. فإن التقاء نظرية الانكسار كما وردت في كتاب المناظر عند بطلميوس ، بأبحاث الانعكاسيين حول المرايا المحرقة ، شكل النبع الذي استقى منه ابن سهل علم الانكساريات. من هنا فإن هذا العلم كان بعيداً في بدايته عن التساؤل حول النظر والرؤية، وهو بذلك ثمرة من ثمار علم الانعكاسيات. و هيمنت مسألتان اثنتان ، مختلفتان في الطبيعة مع ترابطهما ، على أبحاث الانعكاسات في موضوع المرايا المحرقة :

١- المسألة النظرية حول الخصائص الهندسية للمرايا ، ومدى قدرتها على إشعال المواد القابلة للاحتراق تبعاً للمسافة وموقع المنبع الضوئي. هذه المسألة تعود إلى دوزيته (*Dosithée*) ، مراسل أرشميدس ، أو إلى ديوقليس؛

٢- انطلقت المسألة التاريخية منذ حوالي القرن السادس الميلادي وارتكزت على التساؤل عن مدى صحة اسطورة إحراق أرشميدس أسطول مرسيللوس. وقد تساءل الانعكاسيون البيزنطيون أمثال أنتيميوس الترابلي ، عن شكل المرأة وأجزاء جهاز أرشميدس الانعكاسي.

وهما المسألتان اللتان يجدهما رشدي راشد لدى ابن سهل في القرن العاشر الميلادي. إلا أن ابن سهل لم تكن له الريادة في طرح هاتين المسألتين لدى العرب ، فالكندي قد طرحهما في "رسالة" درس فيها موضوع

المرايا المحرقة ناقداً نقائص أبحاث أنتيموس ، كما إن البحث فى موضوع هذه المرايا كان شديد الحيوية قُبيل ابن سهل. غير أن ابن سهل أسس لمسألة جديدة. أكد ابن سهل، أسبقيته فى التفكير فى الإشعال من خلال الضوء العابر "لآلة" ، والمنكسر بعد ذلك فى الهواء ، أى أسبقية تفكيره فى موضوع "العدسات" بشكل جديد. فلم يعد اهتمام ابن سهل ينحصر فى موضوع المرايا وحسب إنما تعداها إلى العدسات وكل "الأجهزة المحرقة". وهكذا لم يعد الانعكاس موضوع الدراسة الوحيد فى البصريا بل انضم إليه الانكسار. وتحولت بذلك المسألة التقليدية فى البحث حول الانعكاسيات تحولاً جذرياً عند ابن سهل، وأشارت إلى العنوان التالى : "استخدام الانعكاس أو الانكسار بغية الاشتعال فى نقطة محددة بواسطة منبع ضوئى بعيد أو قريب".

و جمع ابن سهل العناصر التالية :

أ- الإشعال بالانعكاس ؛

ب- الإشعال بالانكسار ؛

ج- الحالة التى يمكن اعتبار الأشعة فيها متوازية ؛

د- حالة الأشعة المنبثقة من نقطة على مسافة متناهية.

وأسس تركيب هذه العناصر للحصول المتسلسل على فصول "رسالته" كافة ، وهو ما مكن رشدى راشد من إعادة تكوينها وترتيب فصولها. فإن تركيب (أ) و(ج) يصوغ الحالة التى تتوازى فيها الأشعة متوازية - منبع الضوء على مسافة تُعد لا متناهية - والإشعال بالانعكاس. وأما الجهاز الانعكاسى الذى يقدمه ابن سهل تمثيلاً لا حصراً، لهذه الحالة، فهو المرآة المكافئية العاكسة لأشعة الشمس. أما تركيب (أ) و(د) فيصوغ حالة الأشعة المنبثقة من منبع متناه والإشعال فيها بالانعكاس. ويضرب ابن سهل مثلاً لهذه الحالة مرآة القطع الناقص. أما تركيب (ب) و(ج) فيقود إلى الأشعة المتوازية ذات الإشعال بالانكسار حيث يضرب ابن سهل العدسة المستوية المحدبة مثلاً لهذه الحالة. ويقوده تركيب (ب) و(د) إلى العدسة ذات الوجهين المحدبين. ولم يقتصر ابن سهل على شرح القواعد المثالية لكل حالة إنما عرض طرق تصنيع هذه الآلات المحرقة عرضاً نظرياً. من هنا درس رشدى راشد امتناع ابن سهل عن الاقتصار على دراسة المنحنيات ورسمها. فعلى غرار جميع أسلافه الذين بحثوا فى إنشاء المرايا، كان على ابن سهل أن يعى طريقة إنشاء هذه المنحنيات. لذا احتوى كل فصل من "رسالته" على قسمين :

١- دراسة نظرية للمنحنى المطروح؛

٢- إنشاء المنحنى.

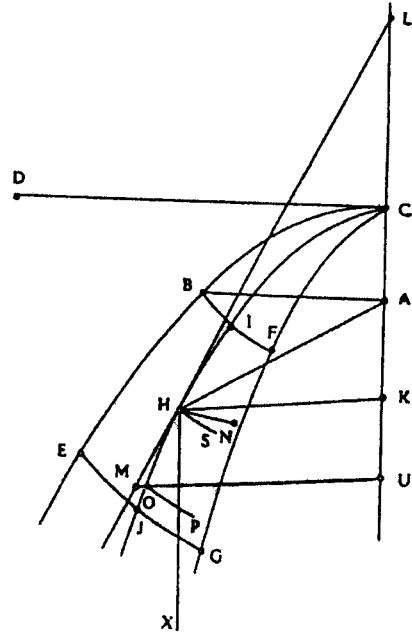
وفصل القطع الزائد وهو ضروري للعدسات المستوية - المحدبة ، ينقسم إلى قسمين :

١- دراسة المنحنى كقطع مخروطي؛

٢- الإنشاء الميكانيكي للمنحنى.

فى القسم الأول يعرف ابن سهل القطع الزائد بقمته ومحوره وضلعه القائم ، ويدرس حينئذ المماس على أساس من خاصية ازدواج البؤر ، لينتقل بعد ذلك إلى المجسم الزائدى فالمستوى المماس مبرهنًا وحدانيته. أما فى القسم الثانى فيدرس المستوى المماس للسطح الناجم عن دوران هذا القوس حول خط مستقيم ثابت. وانطلق ابن سهل فى القسمين من خصائص المماس كى يكشف عن قوانين الانكسار. واستنتج ابن سهل بذلك طريقة إنشاء عدسة مستوية - محدبة ووصل إلى عدسة المحدبة الوجهين. وأسس بناء "رسالة" ابن سهل ، لإعادة تركيبها، ولبيان عناصر مشروعه. ويبين رشدى راشد، عند كل قسم ، الحالة التى وصلته. إن القسم المفقود هو ما بين نهاية دراسة القطع المكافئ وبداية دراسة القطع الناقص . إن الدراسة النظرية للقطع المكافئ وما يتبعها حول الرسم المتواصل لقوس منه ، قد وصلت الباحث كاملة، مع غياب دراسة مماس هذا القوس ودراسة المستوى المماس للمجسم المكافئ ، وغياب التطبيق البصري. أما فى جزء القطع الناقص ، فقد بُنرت دراسة هذا المنحنى كقطع مخروطي ، لكنه ، فى المقابل ، يقدم بشكل شبه كامل ، دراسة للمرآة الاهليلجية الناجمة عن قوس القطع الناقص المرسوم بشكل متواصل. من هنا تمكن رشدى راشد من تحديد موقع ابن سهل الجديد : استمرار المدرسة الانعكاسية اليونانية والعربية ، وانفصال عنها بإدخال ابن سهل الانكسار والعدسات.

٥-٣- المرآة المكافئية

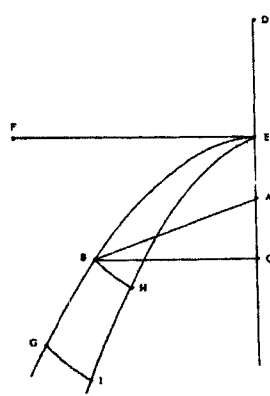


شكلت المرآة المحرقة المكافئية قبل ابن سهل بزمن طويل ، محور البحث العلمي. ترك ديوقليس وأنثيميوس الترابلى ومؤلف مقتطف بوبيو، دراسات عدة حول المرآة المكافئية. يجدها الباحث كذلك فى نص عُرب من اليونانية منسوب إلى دترومس. أما بالعربية ، وقبل ابن سهل ، فقد كتب حول هذه المرآة المكافئية كل من الكندى وأبو الوفاء البوزجاني. من هنا فقد شاع البحث العلمى حول

المرأة المكافئة حتى القرن العاشر الميلادي. غير أن دراسة ابن سهل حول هذه المرأة تختلف عن كل سابقتها. إن هدف ابن سهل من استعمال هذه المرأة هو الجواب على السؤال التالي : كيف بالإمكان ، بمجرد انعكاس أشعة الشمس (أى من منبع يُعد ذا بُعد لامتناه بحيث تصل الأشعة متوازية فى ما بينها إلى المرأة المذكورة) ، من إشعال نقطة على مسافة معينة ؟

فلتكن AB هذه المسافة و \vec{AC} اتجاه أشعة الشمس. ويبدأ رشدى راشد بالحالة التي يكون فيها AC عموديًا على AB ، وأنشأ $AC=AB/2$ و CD عموديًا على AC ، على أساس $CD.AC = AB^2$. إن القطع المكافئ المعروف برأسه C وبمحوره AC ، وبضلعه القائم CD يمر في النقطة B

و أخذ قوساً BE من هذا المكافئ في الاتجاه المعاكس لـ C ، وقام بدورانه حول الخط الثابت AC . فتحدّد حينئذ بالتتابع B و E قوسى دائرة BF و EG . فيتحدّد بذلك جزء من مجسم مكافئى $EBFG$ ، رمز إليه بـ (BG) . عمد ابن سهل حينذاك إلى إظهار مقولة إنه : "إذا كان السطح (BG) انعكاسياً وسقطت عليه أشعة موازية لـ AC ، انعكست هذه الأشعة نحو النقطة A ". بغية برهان هذه المقولة ، ناقش ابن سهل المستوى المماس ووحدانيته فى نقطة H نقطة من (BG) ؛ يكون القوس IJ ، الناجم عن قطع المستوى ACH للمجسم (BG) ، قوساً مكافئياً مساو للقوس BE . لتكن K الإسقاط العمودى لـ H على AC ، و L نقطة من AC بحيث يكون $CL = CK$. يكون حينذاك الخط المستقيم LH مماساً للقوس IJ ، ويكون المستوى الحاوى للمستقيم LH والعمودى على المستوى AHC هو بدوره مماساً للسطح (BG) عند النقطة H . برهن ابن سهل بالخلف أن هذا المستوى لا يقطع (BG) خارج النقطة H ، وليثبت ، بعدها ، وحدانية المستوى المماس فى هذه النقطة . ومن ثم ، ناقش ابن سهل انعكاس شعاع مواز للمحور :



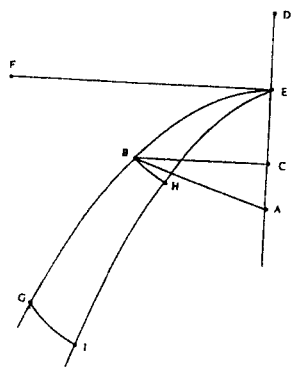
$$\therefore CD \cdot AC = AB^2 = 4AC^2 : \because$$

$$\therefore CD = 4AC : \therefore$$

∴ : النقطة H موجودة على المجسم المكافئ

$$\therefore HK^2 = CD \cdot KC = 4AC \cdot KC \therefore$$

$$AH^2 = AK^2 + 4AC \cdot KC = AK^2 + 4AC^2 + 4AC \cdot AK = (AK + 2AC)^2 = AL^2, \therefore$$



$$\therefore \angle AHL = \angle ALH$$

$$\therefore HX \parallel AL$$

$$\therefore \angle ALH = \angle MHX$$

$$\therefore \angle MHX = \angle AHL$$

وهكذا فإن الشعاع الساقط XH على النقطة H ينعكس مارًا بالنقطة A .

وقارب ابن سهل في ما بعد الحالة التي لا يكون فيها AC عموديًا على AB . فهو يسقط من B المستقيم العمودي على AC ، وتكون C قاعدته، ثم أخذ على المستقيم AC نقطة D بمسافة $AB = AD$. وهنا بين رشدي راشد احتمالين:

١- إما أن تكون C و D من جهتين متقابلتين بالنسبة إلى A :

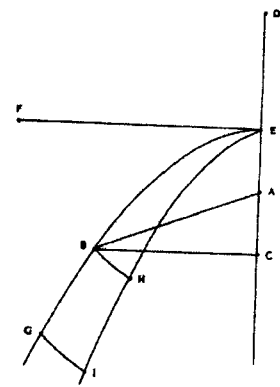
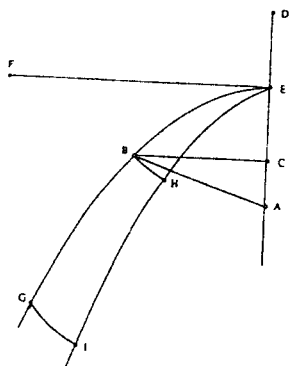
٢- إما أن تكون C و D من الجهة نفسها بالنسبة إلى A :

لتكن E نقطة في وسط CD وعلى المستقيم العمودي منها نقطة F حيث $EF \cdot CE = BC^2$. إن المكافئ ذا القمة E والمحور AE والضلع القائم EF يمر بـ B ، فيعطى دوران قوس منه BG حول المحور AC ، مجسمًا مكافئًا (BI) . وكل شعاع يسقط بشكل مواز للمحور AC على سطح هذا المجسم، ينعكس نحو النقطة A ، وليبرهن ابن سهل مقولته في هاتين الحالتين، عاد إلى الحالة السابقة، فيكفي إذا أن يظهر أن A هي بؤرة المكافئ، أي أن $EA = 1/4 EF$. ويتم ذلك كالتالي:

$$EF \cdot CE = BC^2 \text{ و } AB^2 = AC^2 + BC^2 = AC^2 + EF \cdot CE \text{ وفي كل من الحالتين:}$$

$$\therefore AD = 2EC - AC \text{ و } AE = EC - AC$$

$$\therefore \text{أو } AD = 2EC + AC \text{ و } AE = EC + AC$$



$$AD^2 = AC^2 + 4EC^2 \pm 4EC.AC = AC^2 + 4EC(EC \pm AC) = AC^2 + 4EC.AE : \therefore$$

$$EF = 4AE \text{ أى } EC.EF = 4EC.AE : \therefore$$

تقع إذا النقطة A من القمة E على مسافة ربع الضلع القائم. وهكذا وكما فى الحالة السابقة ، فإن كل شعاع يسقط على المرآة (BI) موازياً للمحور ، ينعكس ماراً بالنقطة A. وهكذا برهن ابن سهل فى الحالات الثلاث :

$$\angle bac > \pi/2 \text{ و } \angle bac < \pi/2, \angle bac = \pi/2$$

و أن الأشعة الموازية للمحور تنعكس جميعها نحو النقطة A من المحور ، على مسافة من رأس المكافئ تساوى ربع الضلع القائم. واستخلص رشدى راشد روابط ابن سهل مع أسلافه ليقرر أن يقوم موقع مساهمته. ولاحظ رشدى راشد أولاً أن ابن سهل استعان فى براهينه بالخاصية المميزة للمكافئ. ومن هاتين الخاصيتين، أصبح بمقدور رشدى راشد المقارنة بين أعمال ابن سهل وأعمال الانعكاسيين القدامى وأعمال معاصريه :

١- فى كتابات ديوقليس قرأ رشدى راشد المقولة نفسها التى طرحها ابن سهل وبرهنها مع فارق فى كون ديوقليس قد لجأ إلى خاصية مساواة التحتماس للوسيط ، من دون الاستعانة فى هذه المرحلة بالخاصية المميزة؛

٢- استعمل دترومس البيزنطى، فى هذه المسألة الخصائص نفسها التى اعتمدها ابن سهل ، كالاختلاف فى نقطة الانطلاق. فدترومس انطلق من تساوى الزاويتين ليحدد البؤرة ، فى حين انطلق ابن سهل من البؤرة ليبرهن تساوى الزاويتين. ويبدو التباعد أعظم فى طريقة إنشائهما القطع المكافئ ، إذ لجأ دترومس إلى الإنشاء بالنقط مستعيناً بمسطرتين ، فى حين استخدم ابن سهل الرسم المتواصل؛

٣- اختلفت طريقة ابن سهل عن طريقتى أنتيميوس التالى والكندى اختلافاً بيناً؛

٤- مع أن طريقة أبى الوفاء البوزجاني استندت إلى الخاصية المميزة للقطع المكافئ وابتدأ أبو الوفاء البوزجاني بمقطع مستقيم مساو للضلع القائم، لكنه لجأ إلى إنشاء المكافئ بالنقاط.

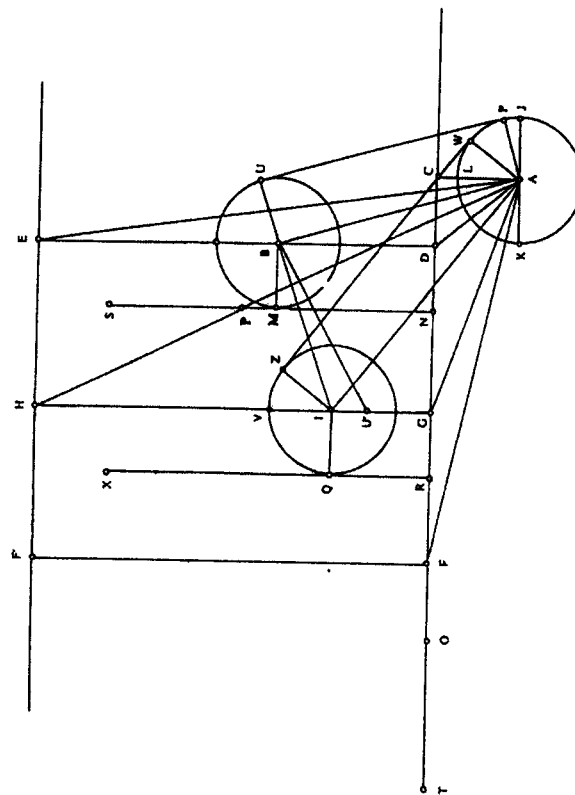
و هكذا رأى رشدى راشد أن جميع هذه الدراسات -ديوقليس، دترومس، أنتيميوس التالى، الكندى، أبو الوفاء البوزجاني- تختلف اختلافاً تاماً عن دراسة ابن سهل. إن تحليل كتابة ابن سهل حول المرآة المكافئية لم يؤسس لإيجاد رابط بينه والكتاب القدامى والمعاصرين له. لكن وردت أسطورة أرشميدس، التى يذكرها ابن

سهل، في نص لأنتيميوس التراقي. وهو النص القديم الوحيد الذي يحوى دراسة عن المرأة الإهليلجية. وهو موضوع أعاد ابن سهل دراسته. فهو موضوع تعلّق نقدي للكندي، وقد أتى ابن عيسى على ذكره مراراً، وفي القرن العاشر الميلادي ورد بالكامل في رسالة لعطادر. وذكر ابن سهل في دراسته عن المرأة المكافئية لأنتيميوس التراقي كإسم وحيد إلى جانب أرشميدس. كان ابن سهل قد اطلع على كتابة المرأة المكافئية لأنتيميوس التراقي، كما اطلع على أعمال البوزجاني الذي تقدمه سنا وعاش في بغداد منتقياً، مثل ابن سهل، إلى حاشية البويهيين. يتبين من هنا أن ابن سهل قد انتمى إلى مدرسة المرايا المحرقة. وأسهم ابن سهل في دراسة حل مسألة المسبع المنتظم المشهورة التي كانت موضع نقاش في العصر البويهي لدى علماء أمثال القوهي والسجزي. وقد عاد ابن الهيثم في ما بعد إلى أبحاث ابن سهل حول المرأة المكافئية. فقد استعان ابن الهيثم، تماماً كابن سهل، بالخاصية الأساسية للمكافئ وبخاصية التخمّاس، ومميز، تماماً كابن سهل، بين الحالات الثلاث لبرهانها. أما الفارق في هذا المجال فيكمن في طريقة العرض، حيث توسل ابن الهيثم بطريقة "التحليل والتركيب". انتقل ابن سهل في ما بعد إلى رسم المكافئ رسماً متواصلاً بوساطة البؤرة والدليل، فأخذ نقطة ثابتة A ومستقيماً ثابتاً DF ، وطولاً $DE = l$ على مستقيم عمودي له. وليكن AC مستقيماً عمودياً على DF ؛ بشكل أن يقع DF ما بين A و E ويكون $DE > AC$:

وشرح ابن سهل عملية إنشاء ثلاث نقط من المكافئ المعروف بالبؤرة A وبالدليل EH الموازي لـ DF ، وذلك من دون تسميته حتى ذلك الوقت بالقطع المكافئ. هذه النقاط الثلاث، F و B على DE ، و I على GH العمودي على DF ، هي كالتالي: $IH = BA$ ، $BE = l$ ، $AF = l$ ، ومن ثم:

$$BD + BA = IG + IA = FA = l \quad (1)$$

وتتابع النقط D و C و G و F بهذا الترتيب على DF . ويبرهن، بالخلف أن $AI > AB$. يقوم ابن سهل برسم نصف دائرة مركزها A وقطرها Jk ، حيث إن $JK \leq AB$ ، ومن ثم رسم دائرتين



متساويتي الشعاع مع الدائرة الأولى، مركزهما B و I ، ويستتبع الافتراض $Jk \leq AB$ بأن $JK < AI$ ؛ وهكذا فإن الدائرتين (A) و (B) من جهة، والدائرتين (A) و (I) من جهة أخرى لا تتقاطعان. وينشأ مماساً مشتركاً لـ (A) و (B) ، و MN مماساً لـ (R) عمودياً على DF .

$$PK=UM \text{ و } PU=AB, MA=BD : \therefore$$

وإذا رُمز بـ S_1 إلى طول محيط $JPUMN$ وبـ P نصف قطر إحدى الدوائر،

$$S_1 = JP + PU + UM + MN = I + P : \therefore$$

وبشكل مماثل نقرن المحيط $JWZQR$ بالدائرة (I) ، فنحصل على :

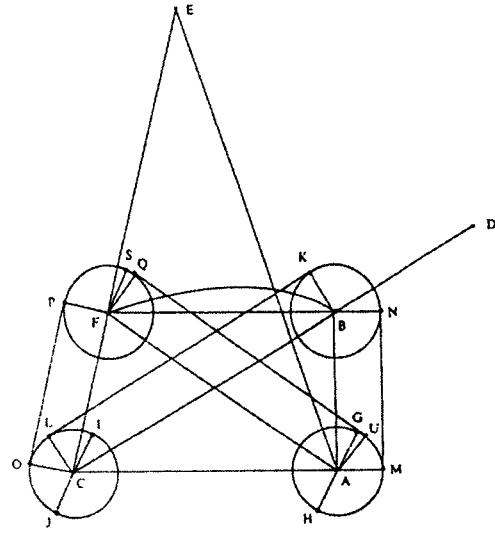
$$S_2 = JW + WZ + ZQ + QR = I + P : \therefore$$

تتبع طريقة ابن سهل للتوصل إلى الرسم المتواصل من العلاقة $s_1 = s_2$ ، الناتجة من المعادلة (I) . أخذ ابن سهل قوساً صلباً ، بحيث ينزلق ضلع زاويته القائمة NO على DF ، في حين ينطبق الضلع الآخر NS على NM ويختار $NS > NM$. إن النقطة A ثابتة ، وكذلك نصف الدائرة (A) ؛ في حين تتحرك الدائرة (B) مقرونة بحزام طوله $p+1$ ، يثبت أحد طرفيه في J على نصف الدائرة (A) ، أما الآخر فمثبت في N على القوس. والمفروض أن الحزام غير قابل للارتخاء ، فتكلم ابن سهل عن "سلك حديدي" وشرح ضرورة استعمال الدوائر كي لا ينقطع هذا السلك. فلو تحولت الدوائر إلى مجرد نقط لأصبح المحيط ABD مستدق الرأس في B لدرجة قد ينقطع معها السلك تحت ضغط المسير. إن الضغط على الدائرة (B) مع الإبقاء على الحزام مشدوداً ، وعلى الدائرة (B) أن تبقى في تماس مع ضلع القوس NS ، يؤسس لانزلاق القوس على المستقيم DF الذي يلعب دور السكة، فيرسم المسير الموضوع في النقطة B قوساً مكافئياً BI . ويلاحظ رشدي راشد إمكانية تحريك النقطة B في الاتجاهين وصولاً إلى قمة المكافئ من جهة وإلى الموقع الذي تصبح فيه الدائرة (B) مماسة للمستقيم DF من جهة أخرى. أما الجزء الأخير من دراسة الرسم المتواصل للمكافئ ، وهو ضائع، فيفترض - كما يظهر تشابه سير بقية الفصول - أن يحتوى على دراسة عن المماس في نقطة من القوس BI ، وعن المستوى المماس للسطح المتولد من هذا القوس وعن انعكاس الشعاع الضوئي على هذا السطح، في آخر التحليل. ودرس ذلك الجزء الضائع قضية التثبيت من كون المرآة المنشأة بالبؤرة والدليل هي مكافئية ، إذ إن خاصية البؤرة - الدليل لم تكن بعد كافية في القرن العاشر الميلادي ، عند ابن سهل، للتعريف بالمكافئ.

٥-٤- مرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية)

درس ابن سهل بعد ذلك إشعال جسم قابل الاحتراق على مسافة معينة بانعكاس ضوء يوجد منبعه على مسافة متناهية ، أى للبحث عن إحداث إشعال فى نقطة A موجودة على مسافة معينة ، من منبع ضوئى موجود فى نقطة C . ولذا درس ابن سهل المرآة الإهليلجية. ولاتزال الكتابة حول المرآة الإهليلجية السابقة لنص ابن سهل ، عدا دراسة لأنتيميوس الترابلي، مجهولة. وقد تعود قلة اهتمام الباحثين فى المرايا المحرقة ، بمرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) إلى شروط موقعى المنبع والبؤرة. وتقتصر دراسة أنتيميوس الترابلي على خاصية ازدواجية بؤر الإهليلج. وانطلق أنتيميوس الترابلي من قوانين الانعكاس ، وأكد أن الشعاع المنبثق من إحدى البؤرتين ينعكس نحو الأخرى ؛ كما انه تبنى طريقة "البساتي" لرسم الإهليلج رسمًا توأسيًا. اطلع ابن سهل على هذه الدراسة ، ولكنه أعاد كليًا دراسة هذه المسألة.

بهدف رسم قوس قطع ناقص رسمًا توأسيًا ، انطلق ابن سهل من نقاط غير مستقيمة ثلاث ، A و B و C بحيث إن : $AB < AC < BC$.



ووضع على المستقيم CB نقطة D تكون كالتالى:
 $CB + BA = CD = I$ ؛ ووضع على الدائرة (C,I)
نقطة E تكون كالتالى : $\angle acb < \angle ace < \angle cab$

لأن B و E تقعان فى الجهة نفسها بالنسبة إلى المستقيم CA ؛ ووضع على المقطع CE نقطة F متساوية البعد عن A و E . أى أن : $FA + FC = I$.
وتقع إذا النقطتان B و F على الإهليلج ذى البؤرتين A و C والدائرة الدليلة (C,I) . وكما لم يسم ابن سهل المكافئ باسمه، لم يسم كذلك هذا القطع باسمه

(الإهليلج). نتج من مجمل الافتراضات المعتمدة لإنشاء F ، أن $AF > AB$ ، وهى علاقة برهنها ابن سهل بالخلف ، وبالتالي فإن $CF < CB$ واستنتج أن $CF > AB$. ورسم رشدى راشد مقطعين متساويين ومتوازيين GH و IJ ، بوسطين هما على التوالي A و C ويكون $IJ = GH < AB$ ، وبشعاع يساوى $1/2 GH$ يرسم الدوائر (A) ، (B) ، (C) ، و (F) التى لا تتقاطع فى ما بينها بسبب افتراض $GH < AB$. ليكن MN مماسًا مشتركًا خارجيًا لـ (A) و (B) ، وكذلك KL لـ (B) و (C) . نحصل حينها : $MN = AB$ و $KL = BC$ ، وبالتالي $MN + KL = I$. من ناحية أخرى ، بما أن $AM // BN$ و $BK // CL$ و $AH // CJ$ نحصل على $2p$

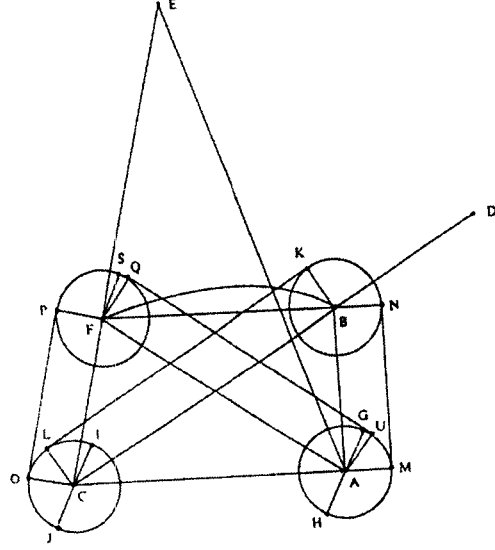
$HM+NK+LJ=2p$ ، حيث $2p$ هو محيط إحدى الدوائر. نقرن عندئذ الدائرة (B) بالالتفاف $HMNKLJ$ وطوله $s_1=HM+MN+NK+KL+LJ=I+2p : S_1$

وافتراض رشدی راشد UQ مماساً مشتركاً خارجياً لـ (A) و (F) ، وكذلك PO لـ (F) و (C) ، فقرن حينها الدائرة (F) بالالتفاف $HUQPOJ$ وطوله s_2 :

$$S_2=HU+UQ+QP+PO+OJ$$

وكالسابق لدينا : $UQ+PO=AF+FC=I$ و $HU+PQ+OJ=2p$ أى أن $s_2=I+2p=s_1$.

عند ذلك الحد تصور ابن سهل جهازاً مؤلفاً من ثلاث دوائر متساوية الشعاع تلعب دور بكرات ، ومن حزام طوله ثابت $I+2p$ ؛ اثنتان من هذه الدوائر ، ومركزاهما A و C ، ثابتتان ، أما البكرة الثالثة ، ومركزها B ، فهي متحركة. يثبت طرفا الحزام أحدهما فى نقطة H من الدائرة (A) والآخر فى J من الدائرة (C) ، ويحيط هذا الحزام بالبكرة (B) :



ندفع بالبكرة (B) مع الإبقاء على الحزام مشدوداً فيرسم المركز B قوساً ناقصياً (إهليلجياً) BF . وتابع ابن سهل دارساً الانعكاس على مرآة إهليلجية، رمز إليها بالسطح (BX) الذى نحصل عليه بتدوير القوس الاهليلجى BF حول AC ، فترسم فيه بذلك B و F قوسين دائريين هما على التوالي BC و FX . برهن أن الأشعة الواردة من C تنعكس نحو النقطة A. وافترض نقطة T على القوس BF نقرنها بالدائرة (T) وبالتفاف طوله s . وتتطابق الدائرة (T) فى أحد مواقعها مع (B) ، فينتج من ذلك أن $s = s_1$ ،

وبالتالى $TC=TA+BA+BC$. لتكن I نقطة ما من (BX) فيتقاطع المستوى $AI'C$ و (BX) وفق قوس B_dO' الذى يشكل القوس FB أحد أوضاعه ، فنحصل إذاً على : $I'A+I'C=BA+BC$. نمدد CI' طولاً قدره $I'B_b=I'A$ ؛ فيكون $B_cI'B_d$ منصف الزاوية $AI'B_b$ ، مماساً فى النقطة I' للقوس B_dO' . وبرهن ابن سهل ذلك ، وكذلك وحدانية المماس ، ببرهان الخلف. إن المستوى الحاوى للمستقيم B_cB_d والعمودى على المستوى ACI' هو مماس للسطح (BX) عن النقطة I' ؛ وهو مستوى مماس وحيد. واستعمل ابن سهل برهان الخلف كذلك ، ليثبت أن المستقيمين AI' و CI' لا يقطعان السطح (BX) خارج النقطة I' . وينعكس الشعاع الضوئى

القادم بحسب CI' على المرآة (BX) باتجاه IA' ، وفقاً لقوانين الانعكاس. ويصح الأمر لكل نقاط السطح (BX) .

لاحظ رشدی راشد في الحالتين (المرايا المكافئية والإهليلجية) اهتمام ابن سهل بتحديد المستوى المماس عند نقطة سقوط الضوء على السطح العاكس ، وكذلك بوحداية هذا المستوى. ولا ينبع هذا الاهتمام من معرفته بنظرية المخروطات وحسب بل ينبع هذا الاهتمام من معرفته بنظرية انعكاس الضوء . فهو لا يكتفى بقانون تساوى زاويتي السقوط والانعكاس بل استند إلى القانون الذى نص على كون مستقيم الشعاع الساقط ومستقيم انعكاسه ، وأخيراً العمودى للمستوى المماس فى نقطة السقوط هذه على السطح ، تقع جميعها فى مستو واحد. ولم يكن السطح العاكس عند ابن سهل هو المهم بل المستوى المماس. ومع ارتكازه فى دراسته للمرايا المكافئية والإهليلجية ، على هذين القانونين ، فهو لم يصغ هذين القانونين صياغة صريحة. فابن سهل مهندس لا يولى فيزياء الضوء أو فيزيولوجيا البصر عنايته ؛ لقد اختار عرضاً هندسياً مختصراً واضح البرهان. فابن الهيثم يتابع فى ما بعد ويلج على أهمية المستوى المماس ، ويولى عناية لصياغة قوانين الانعكاس فى غير موضع من كتابه فى المناظر. غير أن ابن الهيثم المهندس – الفيزيائى لم يأت فيها بأمر لم يتناوله من قبله ابن سهل المهندس فى براهينه الهندسية.

ه-ه- الانكسار وقانون سنيلليوس

فى القسم الثانى من "رسالته" يتساءل ابن سهل عن الإشعال بالانكسار فيقوده ذلك إلى دراسة العدسات البلورية. استحوز الفصل المخصص لهذا الموضوع من كتاب المناظر، مشروع بطلميوس كله. فقد صاغ ابن سهل ، عند قراءته المقالة الخامسة من كتاب المناظر لبطلميوس، صياغة مقتضبة حول "مذكرة" شفافية الفلك ، "مذكرة" كان ينوى ضمها إلى مناقشة لمجمل الكتاب الخامس من كتاب المناظر لبطلميوس. هدف ابن سهل فى مذكرته إلى برهنة أن شفافية الفلك ليست مطلقة فأخذ شعاعاً قدم من نقطة F من الفلك إلى نقطة A من سطح كرة العناصر ومركزها C ، لينكسر حينها باتجاه AB . وبالإمكان تصور حالات ثلاث تبعا لوضعية الشعاع الساقط FA بالنسبة إلى الماظم العمودى GA وللامتداد AE لـ BA . فهو إما بينهما (الحالة ١) أو متطابقاً مع EA (الحالة ٢) أو خارجهما (الحالة ٣).

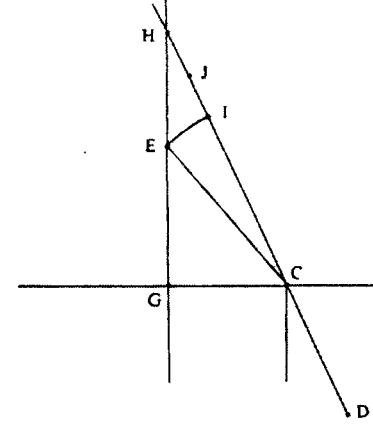
- ١- فى الحالة الأولى ، وبما أن زاوية الانكسار BAC أكبر من زاوية السقوط GAF ، استنتج ابن سهل أن الوسط I (أى الفلك) حيث يوجد FA ، أقل شفافية من الوسط II مكان وجود AB ، وبالتالي ، أن شفافية الكرة السماوية ليست مطلقة :

أكثر شفافية من الوسط I ولتكن iI زاوية السقوط في الوسط I و i_2 زاوية الانكسار في الوسط II . عندئذ ، إذا كانت الشفافية في الوسط II والزاوية iI بقيتا بالقيمة نفسها ، بإمكاننا أن نكتب عندها : إذا انكسر FA وفق AB ، يعني $iI = i_2$ ، يكون الوسط I بشفافية الوسط II نفسها. أما إذا انكسر FA وفق AD ، يعني $iI > i_2$ ، يكون الوسط I' أقل شفافية من الوسط II ، وبالتالي ، أقل شفافية من الوسط I . يوجد إذاً وسط أكثر شفافية من الكرة السماوية؛

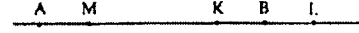
شرح ابن سهل قانون وجود الشعاعين الساقط والمنكسر فى المستوى نفسه مع الناظم ووقوعهما فى جهة من الناظم. وطبق قاعدة مقتبسة من بطليموس: وهى أن الزاوية الكبرى تتم عن شفافية أكبر ، أى أن الانكسار يتعلق حجماً واتجاهاً بفارق الكمة بين وسطين يعبرهما الضوء ؛ إذ يبتعد الشعاع عن الناظم بانتقاله من وسط إلى آخر أقل كمةً ، ويقترب منه الحالة المعاكسة . وبعبارة رشدى راشد ، إذا ما رمزنا بـ i_1 إلى زاوية السقوط فى الوسط I وبـ i_2 إلى زاوية الانكسار فى الوسط II ، كانت i_1 و i_2 حادتين ؛ فإذا كانت $i_1 > i_2$ نستنتج أن الوسط I أقل كمة من الوسط II . عند هذا الحد طبق ابن سهل فى دراسته عن الانكسار مفاهيم بطليموس ، إلا أن معرفة ابن سهل بالانكسار لا يقف عند هذا الحد. فهو لا يتخطى بطليموس وحسب بل يتبع منحنى آخر . فبمجرد قراءة مذكرته حول شفافية الفلك ، انتبه رشدى راشد لما أولاه من أهمية لمفهوم

"الوسط" حيث أظهر أن كل وسط - بما في ذلك الفلك - يتسم بكمدة معينة خاصة به. ولقد فكر ابن الهيثم في هذه الفكرة بعد ابن سهل. فإن ابن سهل صاغ مفهوم الوسط الذي تحدده كمدة خاصة به.

ولكن اكتشاف ابن سهل الأهم يكمن في طرحه ، في "الرسالة" ، لسؤال لم يسبقه إليه أحد ، وهو موضوع الإشعال بواسطة الانكسار ، فهو لم يعد، حينها ، يحدد الوسط بكمدته بل "بنسبة ثابتة" خاصة به. وشكل تصور "النسبة الثابتة" التي تميز الوسط عن غيره الحجر الأساس لدراسة الانكسار في العدسات. فهذه "النسبة" الغير المحسوبة هي عكس قرينة الانكسار n للوسط في الهواء. إنه قانون سنيلليوس للانكسار بعد حوالي ستة قرون. في مطلع دراسته للانكسار في العدسات، أخذ ابن سهل سطحًا مستويًا GF يفصل بين البلور والهواء ، ويمتد الضوء بحسب المستقيم CD في البلور ، لينكسر تبعًا لـ CE في الهواء . وينشئ من G ناظرًا للسطح GF يلتقي مع CD في H ومع الضوء المنكسر في E :



طبق ابن سهل هنا القانون السابق ذكره ومفاده وجود الشعاعين CD في البلور و CE في الهواء في المستوى نفسه مع الناظر GE لسطح البلور. وخلص ابن سهل إلى أن النسبة $CH / CE < 1$ وعمد إلى استعمالها على امتداد بحثه في العدسات المصنعة من البلور نفسه. وهو لم يتوان عن العودة إلى "النسبة" نفسها ، واستعاد الشكل نفسه حين مناقشته الانكسار في هذا البلور. وهذه النسبة عكس قرينة الانكسار ، إذ لو رمزنا بـ i_1 و i_2 إلى زاويتي الناظر مع CD و CE على التوالي ، لحصلنا في لغة رشدي راشد على ما يلي :



$$\frac{1}{n} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{CG.CE}{CH.CG} = \frac{CE}{CH}$$

أما ابن سهل فأخذ النقطة I على المقطع CH بحيث يكون $CI = CE$ ، والنقطة J في وسط IH وهو ما

$$\frac{CI}{CH} = \frac{1}{n}$$

يعطينا :

وتميز القسمة $CIJH$ البلور في كل عملية انكسار ، وهو ما يبدو أن ابن سهل قد أدركه ، ويشهد بذلك استعماله المتواصل لهذه القسمة طوال دراساته.

$$\frac{AK}{AB} = \frac{CJ}{CJ} = \frac{2}{n+1} \quad \text{و استعمل ابن سهل أولاً :}$$

وعاد بعدها إلى استعمال النسبة $CE/CH = 1/n$. وبرهن ابن سهل أن اختيار القطع الزائد لصنع هذه العدسات يتعلق بطبيعة البلور، إذ إن انحراف القطع الزائد عن مركزه هو $e = 1/n$. من هنا أدخل ابن سهل قاعدة العودة المتطابقة (الرجوع العكسي) في الانكسار، وهي قاعدة جوهرية في دراسة العدسات ذات الوجهين المحدبين. إنه إذا قانون سنيلليوس نفسه والشكل نفسه الذى تشكل فيه لدى سنيلليوس. ولم يذهب سنيلليوس أبعد من ابن سهل، إذ أثبت جوليوس وويكنز وفوسيوس أن سنيلليوس قد عرف هذا القانون بالشكل التالى : النسبة CH/CE . كمية ثابتة.

قلب اكتشاف هذه العلاقة نفسها عند ابن سهل فى القرن العاشر الميلادي، التصور السائد لتاريخ العلوم بل قاد إلى صياغة مغايرة لمسألة إعادة اكتشاف هذا القانون مرات عدة وإلى جانب أسماء سنيلليوس وهاريو وديكارت، لابد، من بعد تأريخ رشدى راشد للعلوم فصاعداً، إضافة اسم ابن سهل فى قائمة من صاغوا قانون سنيلليوس.

٦-٦- العدسة المستوية المحدبة والعدسة محدبة الوجهين

بين اكتشاف قانون الانكسار وتطبيق مبدأ الرجوع المعاكس للضوء (العودة المتطابقة) مقدار المسافة التى قطعها ابن سهل بعد بطلميوس. ولقد خاض ابن سهل فى دراسة العدسات مستنداً على قانون الانكسار وتطبيق مبدأ الرجوع المعاكس للضوء (العودة المتطابقة)، مما قاده إلى برهنة أن القطع الزائد هو منحني انكسارى، وإلى صياغة نظرية هندسية للعدسات هى أولى النظريات الهندسية للعدسات فى تاريخ العلوم.

شرح ابن سهل فى دراسة الانكسار متابعاً بإنشاء عدسة مستوية محدبة، مروراً بإنشاء ميكانيكى للقطع الزائد، وصولاً إلى دراسة للخاصة الانكسارية لهذا المنحنى. وبفضل مبدأ العودة المتطابقة أنهى ابن سهل دراسة العدسة الزائدية المحدبة الوجهين. هدف ابن سهل، أول الأمر، إلى إنشاء عدسة تحدث الإشعال على مسافة معينة بواسطة أشعة متوازية. ويكون لمادتها قرينة الانكسار للبلور نفسها السابقة. وافترض رشدى راشد، على خط مستقيم، أن النقاط K, B, A و L تشكل قسمة مشابهة للقسمة CJ/CH ، بما يعنى فى لغة رشدى راشد أن $AK/AB = CI/CJ$ و $BL=BK$ ، ولدى رشدى راشد، شارحاً ابن سهل، إذن $AK/AI = CE/CH = 1/n$. ويفترض من جهة أخرى، النقطتين M على AB حيث $AM = BK$ ، و N على المستقيم العمودى من B على AB بحيث إن $LM = 4BL$. BN . $BM = 4BL$ ، وأخذ القطع الزائد ذا الرأس B والمحور AM والضلع القائم BN ، وتولد، نتيجة دوران القوس الزائدى BS حول المستقيم AB سطح زائدى؛ وترسم S دائرة مركزها O

فيحصل على جسم دوراني محدد بالسطح الزائدي وبالدائرة (O, OS) . وافترض أن جسمًا كهذا قد صُنع من البلور ذي قرينة الانكسار n . ووضع القضية القائلة بأن أشعة الشمس الموازية إلى OB والعبارة لهذا الجسم، تنكسر على السطح الزائدي لتتقارب في النقطة A . إن كل شعاع مواز إلى OB يجتاز السطح (O, OS) من دون انكسار ليلاقى السطح الزائدي، إما في النقطة B ، وإما في نقطة أخرى $T - B$:

أ - في حالة النقطة B ، برهن ابن سهل بالخلف :

- إن المستوى العمودي في B على OB هو مماس في B على الجسم الزائدي؛

- وحدانية المستوى المماس في B ؛

- عدم تلاقي المستقيم AO للمجسم الزائدي خارج النقطة B .

∴ : الشعاع القادم باتجاه OB هو عمودي على المستوى المماس في B ، فلا ينكسر ويصل إلى A ؛

ب- في حالة النقطة $T - B$ برهن ابن سهل :

- يلاقى المستوى BLT سطح العدسة وفق القطع الزائد VBW ذي المحور BM والبؤرتين A و L ؛

- إن المنصف TZ للزاوية ATL هو مماس في T على القطع الزائد؛

- إن المستوى الحاوي على TZ والعمودي على المستوى BLT هو مماس في T على السطح الزائدي، وهو جيد.

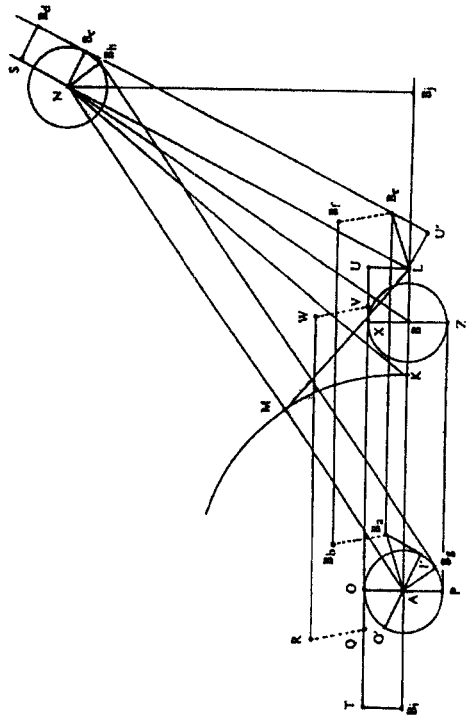
$$∴ : AT - LT = BM .$$

افترض رشدى راشد أن U' على AT بحيث إن $AU' = BM$ ؛ يكون حينها $TU' = TL$ وتمثل TZ وسيطة المقطع LU' ، فتكون حينئذ LU' هذه عمودية على المستوى المماس. ويفترض XT الشعاع الساقط بشكل مواز على الخط AL . وتوجد الخطوط المستقيمة TZ, TL, XT و TA في المستوى ATL ، الذي يشتمل على الناظم في النقطة T على الجسم الزائدي ؛ فينتهي الشعاع المنكسر إلى هذا المستوي. وبما أن المستقيم XT يقطع LZ في النقطة Ba ، فيكون : $TU'/TB_a = AU'/AL = AK/AL$

$$\text{فإن : } \frac{AK}{AL} = \frac{CE}{CH}$$

$$\frac{TU'}{TB_a} = \frac{CE}{CH} : \therefore$$

وهكذا تشابه الشكلان TZB_aU' و $CGHE$ ؛ فكان حينئذ $TU'A$ هو الشعاع المنكسر للشعاع الساقط XT ، الذى اجتاز المستوى OS فى Bb من دون أى انحراف ، ليلقى سطح الجسم الزائدى فى النقطة T . إن حزمة الأشعة المتوازية على AB والساقطة على الدائرة (O, OS) تدخل من دون انحراف فى العدسة لتتحول إلى حزمة أشعة متقاربة فى النقطة A . ثم عرض ابن سهل طريقته فى رسم القطع الزائد رسماً متواصلاً فانطلق من القسمة (A, B, K, L) التى عرضها من قبل ليحصل على : $AK/AL = 1/n$ ، حيث n قرينة انكسار البلور المستعمل. ويفترض M نقطة على الدائرة (A, AK) بحيث تكون الزاوية AML منفرجة ، و N نقطة على المستقيم AM بحيث إن $MLN = LMN$ ؛ فيكون $NL = NM$ و $AK = AM = NA - NL$ ؛ ويكون بذلك موضع N على القطع الزائد ذا الرأس B والبؤرتين A و L ، ولم يسم ابن سهل القطع المخروطى باسمه. فهو أراد إنشاء القوس BN ، وهو قوس زائدى ، وطريقته فى ذلك مستوحاة من طريقته فى القطعين المخروطيين الآخرين. وافترض A فى وسط مقطع OP عمودى على AB بحيث إن $OP \perp AB$ و $OP \perp KL$.



وعلى الخط الموازى إلى AB والممتد من O ، نسقط عمودياً L و B فى U و X على التوالى ووضع V و Q بحيث يكون $OQ = UV$ (طول كفي) ؛ ثم وضع مقطعاً آخر غير محدد $LN > UT$ ويرسم الدائرتين (A, AO) و (B, BX) . ووضع U' على العمودى فى L على LN ، بحيث يكون $LU' = LU$ ، ثم رسم $O'A'I'$ قطرًا للدائرة (A) موازياً على LU' . وليكن $I'B_a$ عمودياً على AI' بحيث يكون $I'B_a = OQ$ ؛ ووضع النقاط B_d, B_c, B_e على العمودى فى U' على LU' ، بحيث يكون $U'B_e = OQ$ و $UT = U'B_d$ و $U'B_e = LN$. ثم رفع من النقاط B_w, V, Q و B_a مقاطع متساوية وعمودية على المستوى ALM : $QR = VW = BaB_b = B_eB_r$

$$AL = OU = VQ = RW = I'U' = B_aB_e = B_bB_f : \therefore$$

و تكون الدائرة (N) ذات المركز N والمساوية لـ (A) مماسة في B_c على $U'B_e$ (إذ كون $NLU'B_c$ مستطيلاً فإن $NB_c=LU'=AI$). ورسم PZ مماساً مشتركاً على الدائرتين (A) و (B) ، كما رسم المقطع B_gB_h مماساً مشتركاً على (A) و (N).

فوجد : $NS=B_cB_d$ و $LN=U'B_c$ و $AN=B_gB_h$ و $PZ=AB$

و برهن المعادلتين التاليتين :

$$B_gB_h + B_cB_d = PZ + XT : (١)$$

$$\text{لأن : } B_gB_h + B_cB_d = AN + NS = AK + MN + NS ؛$$

و كذلك : $MN + NS = LS = UT = LB_i$ حيث B_i مثل الإسقاط العمودي لـ T على AB . فاستخلص أن :

$$AN + NS = B_gB_h + B_cB_d = AK + LB_i$$

$$= AK + LB + BB_i = AB + BB_i = l,$$

و كما أن لكل نقطة من نقاط القطع الزائد :

$$AN + NS = AB + BB_i.$$

لكن $AB = PZ$ و $BB_i = XT$ وتصبح المعادلة (١) مثبتة .

فإن : $B_iH_c=B_gI'$ لأن $\angle B_hNB_c \neq \angle B_gAI'$ وكذلك نصف دائرة $O'PB_g+B_hB_c$.

المعادلة (٢) :

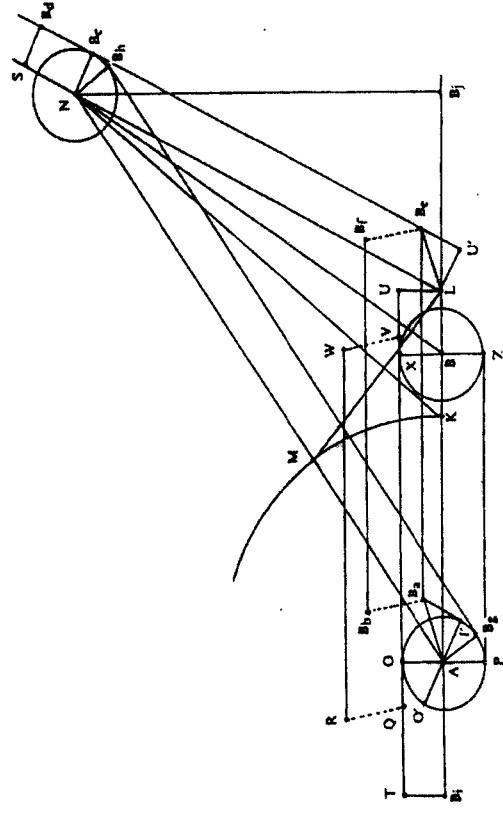
$$OB_g+B_gB_h+B_hB_c+B_cB_d=PZ + نصف دائرة $XT=l+P$$$

حيث p تمثل نصف محيط احدى الدائرات. لاحظ رشدي راشد أن الدائرتين (A) و (B) لا تتقاطعان ، لأن $AB \not\subset OP$. كما لاحظ رشدي راشد من جهة أخرى أن : $AN > AB$ ، وهذه ميزة خاصة بالقطع الزائد ، برهنها ابن سهل بالخلف ؛ فحصل بالتالي على : $AN > OP$ ، ولا تتقاطع الدائرتان (A) و (N). وانطلق ابن

سهل من المعادلة (٢) ليصمم جهازاً قادراً
على رسم متواصل للقوس الزائدى BN . تألف
هذا الجهاز من قسمين :

١- يدور القسم الأول حول النقطة الثابتة
 A . وهو يتألف من نصف دائرة
يحددها القطر OP ، ومن المقطعين
 OQ و RQ . والمقطع RQ عمودى
على المستوى LAO ؛

٢- يدور القسم الثانى حول النقطة الثابتة
 L وهو مؤلف من كوس صلب LUT
، ومن مقطع VW عمودى على
المستوى LUT ؛ $VW = QR$ و V
موجودة على UV ، بحيث يكون
 $UV = OQ$.



و يتصل هذان القسمان فى ما بينهما بقضيب RW ، يلعب دور الساعد ، فيؤدى دوران القسم الثانى حول
 L إلى دوران القسم الأول بزاوية مساوية حول A :

بعد ذلك درس ابن سهل جزءاً متحركاً يتألف من الدائرة (B) التى تلعب دور البكرة ، ومن حزام مثبت فى
 P و T يلتف حول الدائرة (B) ويكون طول دورته $PZXT$ ثابتاً يساوى $(I+P)$ بموجب المعادلة (٢) . فإذا
دفعنا الدائرة (B) شرط أن يبقى الحزام مشدوداً ، فإن (B) تدفع بدورها الكوس الصلب TUL ، ليدور الكوس
الصلب حول النقطة الثابتة L ساحباً الجهاز كله ، بينما يبقى القضيب RW موازياً إلى AL . وعندما تتطابق B
مع N ، يأخذ الكوس LUT وضع $LU'B_d$ ، وتأتى P إلى O' ، ليأخذ الحزام بذلك وضع $O'PB_gB_hB_cB_d$
وهكذا يرسم مركز البكرة B فى هذا الانتقال القوس BN :

∴ : M هى نقطة التقاء المستقيم AN بالدائرة (A, AK) ،

∴ $NM < NK$ وبالتالي

∴ $NL < NK$.

∴ : ففي المثلثين NBL و NBK تكون

$$\angle LBN < \angle KBN$$

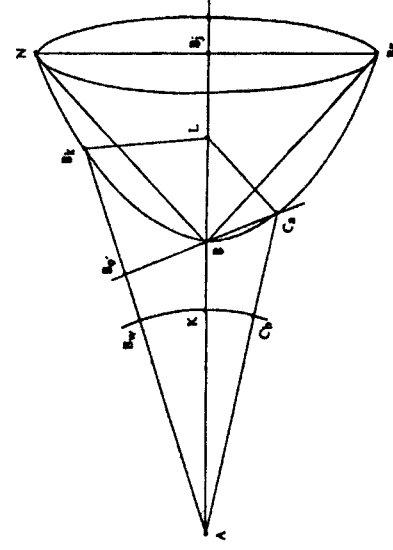
∴ : والزاوية LBN هي بالتالي حادة. أما

موقع العمود الساقط B_z من النقطة N على AB فهو إذاً على نصف المستقيم BL . يبرهن ابن سهل في ما بعد بالخلف أن المستقيم NB_z لا يلتقي القوس BN إلا في النقطة N . وبدوران الشكل المحدد بالقوس BN والمقطعين BB_z و NB_z ، حول المستقيم BB_z ، يتولد جسم يفترض أن يصنع من البلور المدروس سابقاً.

وما إن انتهى من الرسم التواصلي للمنحنى

المميز بالخاصة (٢) - وهو قطع زائد - حتى انكبت ابن سهل على دراسة الخاصة الانكسارية من دون الالتفات لبرهنة كونه قطعاً زائداً. فبرهن القضية القائلة بأن أشعة الشمس الموازية لـ BB_z والساقطة على الجانب (B_z) تعبر هذا الجانب من دون انحراف، لتسقط على السطح الزائدي (B)، فتتكسر عنده باتجاه النقطة A . ولبرهنة هذه القضية أخذ ابن سهل على السطح الزائدي نقطة B على المحور، ومن ثم نقطة أخرى خارجه، ودرس في كلتا الحالتين المستوى المماس ومسار شعاع الضوء. وبدأ رشدي راشد بالنقطة B : القوس NBB_i في المستوى BLN وهو قوس زائدي رأسه B :

وافترض BB_o' عمودياً على BL . وبرهن ابن سهل بالخلف، أن BB_o' هو مماس في B على القوس NBB_i'



وأنه المماس الوحيد في هذه النقطة. ثم انتقل إلى المستوى العمودي على المستوى BLN ، الحاوي على المستقيم BB'' ، فبرهن أنه مماس في النقطة B على السطح (B) وأنه المستوى المماس الوحيد في هذه النقطة. وبرهن ابن سهل - بالخلف - أن المستقيم AL لا يلتقي مع السطح (B) إلا في النقطة B فقط. فإن ضوء الشمس يمتد إذا في البلور باتجاه B_jB ، ومن ثم في الهواء باتجاه BA . ثم انتقل رشدي راشد إلى نقطة C_g المختلفة عن B . شكل الخط C_gBC_i التقاء المستوى BLC_g بالسطح (B) . وبرهن ابن سهل بالخلف أن المنصف C_gC_j للزاوية LC_gA هو مماس في C_g لهذا الخط ، وأنه المماس الوحيد. وبرهن ابن سهل أن المستوى العمودي على المستوى ALC_g ، والمأخوذ من المستقيم C_gC_i ، هو مماس إلى السطح (B) في النقطة C_g . ثم وضع C_i ملتقى AC_g مع الدائرة (A,AK) ، يلتقي المستقيم LC_i مع المماس في النقطة C_j ، وهو بدوره عمودي في هذه النقطة على المستوى المماس. إن الموازي المأخوذ من C_g على AL يقطع المستوى (B_j) في C_w ، كما يقطع المستقيم LC_i في النقطة C_v ؛ \therefore : $\frac{C_gC_i}{C_gC_j} = \frac{AC_i}{AL} = \frac{AK}{AL}$:

$$\frac{AK}{AL} = \frac{CE}{CH} ; \therefore$$

$$\frac{C_gC_i}{C_gC_j} = \frac{CE}{CH} = \frac{1}{n} ; \therefore$$

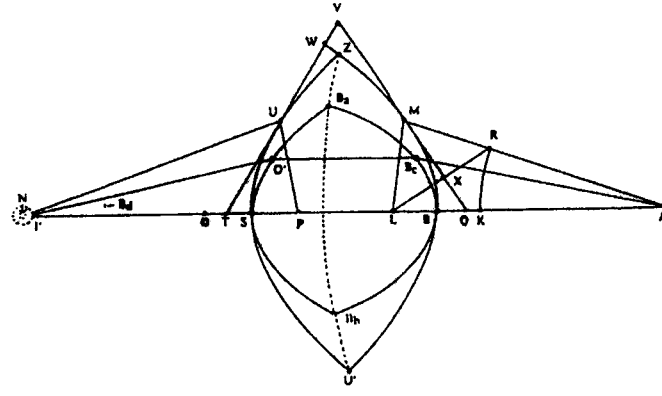
ومن ناحية أخرى برهن ابن سهل بالخلف أن C_g هي نقطة التلاقي الوحيدة للسطح (B) مع المستقيمين AC_g و C_wC_v . فإن الشعاع الشمسي الموازي لـ AL ، يسقط على المستوى (B_j) في C_w ، ويدخل في الجسم لينتشر باتجاه C_wC_g ؛ فينكسر C_g على السطح (B) وينتشر في الهواء باتجاه C_gA . وهذه حالة كل شعاع شمسي يسقط على الجانب (B_j) .

٦-٧- العدسة المحدبة الوجهين

أنهى ابن سهل دراسته بإنشاء عدسة محددة بجزأين من مجسمين زائدين دوارين حول المحور نفسه ، مصنعة من البلور نفسه للعدسة السابقة. واستعمل النتيجة التي أثبتتها خلال دراسته العدسة المستوية المحدبة مفترضاً مبدأ الرجوع العكسي للضوء (العودة المتطابقة). وتظهر العدسة محدبة الوجهين وكأنها التصاق عدستين مستويتين محدبتين.

أخذ ابن سهل على خط مستقيم قسمة A, K, B, L شبيهة بالقسمة C, I, J, H ، ليقربها بقوس BM من قطع زائد رأسه B وبؤرتاه A و L . ثم أخذ قسمة أخرى N, O, S, P شبيهة بالقسمة C, I, J, H ، فقرنها بقطع زائد رأسه النقطة S وبؤرتاه P و N :

$$CI/CH = NO/NP = AK/AL = 1/n : \therefore$$



و n هي قرينة انكسار البلور نسبة للهواء. إن المنصف MQ للزاوية AML هو مماس على المنحنى BM في النقطة M . ووضع R على AM بحيث $MR = ML$ ، (وبالتالي $AR = AK$) ؛ ويلتقي عندئذ MQ مع LR في X بزاوية قائمة ، فتكون LQX هي زاوية حادة. والمنصف UT للزاوية NUP ، هو مماس للمنحنى

SU ، والزاوية PTU هي حادة ، فإن المستقيمين MQ و TU يتلاقيان ولتكن V نقطة التقائهما. يلتقي المنحنى BM مع الخطوط المستقيمة QB و QM و TV في نقطة واحدة فقط ، هي بالتوالي B و M و W . ولا يلقى المنحنى SU المستقيم TV إلا في U ؛ وهو يلقى المنحنى BW في النقطة Z . وأراد إثبات المستقيم BS ، ودور حوله السطح المحدد بالقوسين BZ و ZS وبالمستقيم BS ، فترسم النقطة Z الدائرة ZBU ومن ثم تنتشر لتتلاقى في النقطة A فتشعلها. بدأ ابن سهل بدراسة حالة النقطة S . إن الخط المستقيم NS يلتقي سطح الجسم المضيء في النقطة I' . فإذا بالشعاع $I'S$ ، المنتشر في الهواء ، يدخل هذا الجسم في النقطة S ، وينتشر باتجاه SB ، ليخرج من النقطة B وينتشر باتجاه BA . ثم واجه ابن سهل حالة أية نقطة O' مختلفة عن S . إن المستوى BSO' يقطع سطح الجسم باتجاه $SO'B$ و B_aB_cB (إذ إن B_a هي وضعية للنقطة Z ، كما أن القوس $SO'B$ هو وضعية للقوس SZ ، أما القوس B_aB_cB فهو وضعية للقوس ZB) ؛ ولكن على افتراض أن $O'B_c$ مواز لـ BS ، ووضع B_d ملتقى المستقيم NO' مع سطح الجسم المضيء . فإن الضوء المنبثق من النقطة B_d ستنشر في الهواء باتجاه B_dO' ، فيخترق البلور في النقطة O' ، وينتشر باتجاه $O'B_c$ ليعود ويخرج من B_c ، ثم يعود لينتشر باتجاه B_cA . فإن حزمة أشعة صادرة عن منبع ضوئي N تنكسر أولاً على الجانب S وتتحول إلى حزمة أشعة متوازية (أسطوانية) لتسقط بدورها على الجانب B حيث تنكسر ثانية وتتحول إلى حزمة أشعة تتقارب في النقطة A .

من هنا فإن دراسة المرايا المحرقة هي التي قادت ابن سهل ليبحث في الانكساريات. ودارت دراسة المرايا المحرقة حول التساؤل عن الإشعال وعلى مسافة معينة بواسطة أشعة متوازية ، أو منبثقة من منبع ضوئي موجود بدوره على مسافة متناهية ، لا من طريق الانعكاس وحسب بل وبواسطة الانكسار. وكانت قوة تملكه نظرية القطوع المخروطية شرط أبحاثه حول انعكاس الضوء وأدت إلى ولادة فصل انعكاس الضوء في العلوم. وكما في البحث في المرايا المحرقة ، انطلق من تطبيق البنى الهندسية ، وبخاصة، نظرية القطوع المخروطية ، على بعض الظواهر الضوئية للتوصل إلى الهدف التطبيقي ألا وهو : الإشعال من منبع ضوئي، بعيدًا كان أم قريبًا.

و في هذا النوع من المعرفة التي ارتبطت بإنشاء النماذج لم يتركز اهتمامه على صياغة تصور للقواعد المثالية للظواهر والقوانين. فهو بحث عما يتضمنه من عناصر ضرورية للجواب عن التساؤل التطبيقي. فإن موضوع الانكساريات الجديد لا يختلف عن دراسة للمرايا المحرقة إلا بدرجة تعقيد العناصر ودقة البنى الرياضية المطبقة. وهذا التشابه المعرفي بين البحث الانعكاسي في المرايا المحرقة ، والانكساري في العدسات ، يعيد التأكيد على أن البحث الانكساري في العدسات هو امتداد للبحث الانعكاسي في المرايا المحرقة ، مع فارق في خصائص استعمال الطرق والنماذج. هناك أسلوب يركز على أساس هندسي في كلتا الحالتين. فالرياضي ليس ملزمًا بانتقاء مذهب معين حول طبيعة الضوء تمثيلاً لا حصراً أو حول أسباب الانعكاس أو الانكسار.

و انحصر اهتمام ابن سهل في الإشعال ، وكانت دراسته هندسية خالصة. فالتجربة لم تشكل جزءاً من البرهان نفسه. فلا يتخطى ابن سهل بذلك حدود بناء النموذج وإنشائه اللازمين لصنع العدسة. وذلك لتحقيق مراده بالإشعال . من هنا فقد أسهم في تحسين الدراسة الهندسية وتطويرها ، تاركاً للاستعمال اللاحق دراسة القيمة التطبيقية لهذا النموذج المستحدث ومدى فعاليته.

ذلك هو فحوى اكتشاف ابن سهل وبداية علم الانكساريات. إنها المرة الأولى، منذ كتاب المناظر لبطلميموس، التي يتقدم فيها علم الانكساريات تقدماً ملموساً ومهماً. فابن سهل كان يعلم أن الشعاعين الساقط والمنكسر يقعان في مستو واحد مع الناظم ، كل واحد في جهة منه. كما كان يعلم مبدأ الرجوع العكسي (العودة المتطابقة) للضوء . وأضاف إلى ذلك قانون سنيلليوس ، الذي توصل إلى اكتشافه بنفسه. فلقد أدخل ابن سهل نسبة الشعاع المنكسر إلى المسافة ما بين الصورة ونقطة السقوط (CE/CH في دراسته كلها) ، كنسبة ثابتة تحدد وسطاً ما بالنسبة إلى الهواء.

لكن ابن سهل لم ينظر بالمقابل ، عند دراسته العدسات ، إلا إلى نوع واحد من الأشعة ، ألا وهي الموازية للمحور في حالة العدسة المستوية المحدبة ، أو المنطلقة من بؤرة أحد الجانبين الزائدين في حالة العدسة محدبة الوجهين ؛ ليحصل بذلك وفي كلتا الحالتين على تجميع الضوء المنكسر في نقطة واحدة من المحور. من جهة أخرى ، لم يول ابن سهل أى اهتمام لصياغة القوانين والقواعد الفيزيائية. فغياب هذه الصياغة ليست مصادفة بل نبعت من غياب التساؤل حول الأسباب الفيزيائية للانكسار. لم يحاول تفسير أشكال انتشار الضوء. واختلف الأمر تمامًا عندما قارب مسائل صورة جسم ما من خلال العدسة، إذ لم يكن بالإمكان عندئذ اجتنب مسائل تسديد النظر أو الزيغ البصري. فهذه المسائل التي لم يتعرض لها ابن سهل قادت ابن الهيثم من بعده إلى تحديد جديد للعلاقات بين شروط الإبصار ، وشروط انتشار الضوء.

سادساً – مخطوطات القوهى فى الإسقاطات

تقع مخطوطات القوهى، حسب رشدى راشد، فى سياق الكشف عن طريقة التحويلات فى الهندسة فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى ودراسة مجموعتين من المسائل^(١):

١- مجموعة المسائل الرياضية الخالصة. تنتمى هذه المجموعة إلى المدرسة الأرشميدسية والأبولونية العربية. وهى تضم مسائل ظهرت فى أثناء دراسة المخروطات ، ومساحات بعض القطوع الناقصة والمكافئة، كتطبيق ثابت بن قرة الأفينية لتحديد المقطع الاهليلجى، وكتطبيق إبراهيم بن سنان الأفينية لتحديد القطع المكافئ ، وهى تضم مسائل ظهرت فى أثناء رسم بعض المنحنيات كرسم إبراهيم بن سنان القطع الزائد من دائرة؛

٢- مجموعة المسائل التطبيقية الهندسية لحل المسائل الرياضية الفلكية، ولاسيما مسألة تمثيل الكرة، بهدف إنشاء إسطريلاباتهم. وهذه المسائل قديمة. فبطليموس قد لجأ إلى الإسقاط التسطيحي.

و سجل رشدى راشد فى القرن التاسع الميلادى تقدماً فريداً فى إنشاء الإسطريلابات واستخدامها. وقد أثار الطلب المتزايد زيادة الأبحاث حول الإسقاطات بغرض إنشاء الإسطريلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندى وبنى موسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزي وغيرهم من العلماء، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الإسطريلاب ، وعلى طريقة الإسقاطات. وانكبّ الرياضيون-الفلكيون أمثال ما شاء الله والمروروى والفرغانى وحبش والصوفى وغيرهم على الموضوعات نفسها. من هنا بحث الرياضيون والرياضيون-الفلكيون فضائل الإسطريلابات المختلفة ومزايا الإسقاطات المختلفة. فى عهد الخليفة المأمون اخترع الكندى - أو المروروى - إسقاطاً أسماه المبطن وهو ما سُمى باسم إسقاط لومبير وكانىولى فيما بعد. ودرس رياضيو

بنى موسى بالنقد هذا النوع من الإسقاط كوسيلة لإنشاء الإسطرلاب . وقدم الفرغاني، فى عهد الخليفة المأمون، أول عرض نظرى فى تاريخ الرياضيات عن الإسقاط التسطيحي. وأدت هذه الأبحاث إلى نشأة مشروع رياضى جديد. وأدت هذه الأبحاث إلى إعداد النظرية الأولى لمنهج الإسقاطات ، والهندسة الإسقاطية الموضوعية للكرة. وانطلق هذا الجدل من بداية القرن العاشر الميلادى والقرن التاسع الميلادى، من بحوث القوهى وابن سهل، فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادى.

شارك القوهى ابن سهل فى التأسيس لفصل من الهندسة : النظرية الهندسية لطريقة الإسقاطات. من هنا لم يُعنِ القوهى بالمسائل التطبيقية التى قد تشغل الحرفيين صناع الإسطرلابات، إنما عُنِيَ بالنظرية الهندسية لطريقة الإسقاطات. إن الإسطرلاب هى آلة لدراسة الفلك المتحرك بحركة دورانية حول محور ، والإسقاط على سطح متحرك منطبق على سطح ثابت . فانصرف القوهى وابن سهل إلى دراسة إسقاط كرة ذات محور معلوم على سطح دورانى أو غير دورانى. وقادتهما هذه الدراسة إلى تمييز حالتين للسطح الدورانى ، تبعاً لكون محوره موازياً لمحور الكرة أم لا. وهكذا حاول القوهى وابن سهل من بعده ، تعريف الإسقاطات الاسطوانية - ذات منحى مواز أو غير مواز لمحور الكرة - والإسقاطات المخروطية من رأس ينتمى إلى هذا المحور أم لا. تلك كانت المرة الأولى التى ظهرت فيها تصور الإسقاطات الاسطوانية وتعبيرها، وهى إسقاطات عمودية أو مائلة. تلك كانت المرة الأولى التى ظهرت فيها تصور الإسقاطات المخروطية من نقطة كيفية على المحور ومن نقطة تقع خارج المحور. وشرع القوهى، إذن، فى دراسة الإسقاطات الاسطوانية قبل البيروني. وربما جرت هذه الدراسة فى الوقت نفسه الذى درس فيه الصاغاني الإسقاطات المخروطية من نقطة خارج الأقطاب وخارج المحور. ولم يدع القوهى أية أسبقية كما لم ينسبها ابن سهل للقوهى نفسه من بعد القوهى. ولا تقل أهمية طريقة عرض القوهى وابن سهل لهذه التصورات الجديدة عن أهمية هذه التصورات نفسها. إن هذه التصورات تشكل أصول مقال فى طريقة الإنشاءات، ذلك المقال الذى أثارته مسائل صناعة الإسطرلاب، مع أن المقال فى طريقة الإنشاءات صيغ من خارج مسائل صناعة الإسطرلاب. وحدد القوهى حالات الإسقاط المختلفة : الإسقاط الاسطوانى ذى الاتجاه غير الموازى لمحور الكرة، والإسقاط المخروطى ذى الرأس الذى لا يقع على الكرة ، أى أدخل ابن سهل النماذج المختلفة للإسقاطات ، فى حين أن الإسطرلاب لا يستلزم إلا الإسقاط التسطيحي منها.

٦-١- سمة البحث الهندسي

و درس رشدى راشد مراحل النماذج المختلفة للإسقاطات عند القوهى :

الموازية لهذا الأفق، والتي تشكل حزمة دوائر نقطتها الحدوديتان هما إسقاطا قطبي الأفق، ونرسم من ناحية أخرى دوائر الارتفاع التي تمر كلها بإسقاطي القطبين. تتعامد كل دائرة من إحدى الحزمتين مع جميع دوائر الحزمة الأخرى. وحدها، الدوائر الأفقية القريبة من أحد قطبي الأفق، يمكن تمثيلها كاملة. أما بقية الدوائر فيمثلها فقط إسقاط قوس منها. وكذا الزمر مع دوائر الارتفاع، لأن الكرة السماوية ليست مسقطة بكاملها على الإسطرلاب.

فإن المسائل التي تطرق إليها القوهى كلها هي مسائل هندسية. وأشار رشدى راشد إلى طريقتيه في مقارنة هذه المسائل الهندسية. تتمثل الكرة السماوية بكرة S مركزها C وقطبها P ، ومستوى الإسطرلاب هو المستوى الاستوائى π المقرون بهذا القطب. تتصل المسائل كلها التي طرحها القوهى بـ s و π ، إذ إن π هو الإسقاط التسطيحي للكرة S من القطب P . هي متحولة S بالنسبة إلى تعاكس مركزه P وقدرته $2R^2$ ، حيث R هو شعاع الكرة.

هكذا فسر القوهى - في ضوء S و π - كيفية إنشاء على إسقاط دائرة مرسومة على S ، دائرة موازية ومن ثم دائرة ارتفاع لأفق معين. وحدد المستوى π وطلب تحديد الكرة S بواسطة مركزها وشعاعها. يعرف نقطة A من المستوى π والمسافة الزاوية من مماثلتها إلى قطب الكرة، ومعطية ثالثة يمكن أن تكون إما نقطة - كالقطب أو كمركز الدائرة - وإما طولاً - كشعاع الكرة أو القطع الذي يصل مركز الكرة أو قطبها بمماثلة إحدى النقاط التي نعرف بعدها الزاوى عن القطب - . فإن المعطية التالية هي : نقطة B من المستوى π ، والمسافة من مماثلتها إلى قطب الكرة. ترجع كل مسائل الفصل الأول إلى إنشاء نقطة ما.

وعرف أن دائرة في المستوى π والبعد الزاوى بين قطب مماثلتها وقطب الكرة، ومعطية أخرى يمكن أن تكون قطب الكرة أو مركزها أو شعاعها، أو طولاً يساوى المسافة بين نقطتين من المستوى π أو بين نقطة من الكرة وأخرى من المستوى π . في المسألة السادسة من هذا الفصل، تكون المعطية الثالثة : نقطة E من المستوى π مماثلها وقطب الكرة. ويقوم القوهى أحياناً، من طريق إنشاء مساعد، بتحويل مسألة إلى مسألة سابقة.

و يتألف الفصل ٦ من مسألة واحدة، لا يعرف فيها لا π ولا S . والمعطيات هي : قطب الكرة B من S والنقطة A من π ، ومماثلتها بالنسبة إلى أفق معين. يعرف إذن البعد الزاوى من قطب هذا الأفق إلى قطب الكرة، ومسافتين أخريين، هما الاحداثيان الأفقيان - السميت والارتفاع - لمماثل A بالنسبة إلى الأفق المحدد.

إذا كانت الدائرة KL تمر في القطب B ، يكون إسقاطها على المستوى الاستوائي هو مستقيم تقاطع هذا المستوى مع مستوى الدائرة ؛ إنه إذن مستقيم عمودي على المستوى BLD ، وبوجه خاص على BL .

في إسقاط الدائرة التي تمر في قطبي الأفق المعروف G و I ، يفترض القوهي BL قطرًا للدائرة الموازية للأفق ذات القطبين G و I ، والنقطة K التقاء BL مع AC ، و S نقطة يكون معها القوس LS مساويًا للمسافة المعطية . يتقاطع العمودي في K على BK ويقطع BS و BI مع CE في P و Q ، عندئذ تكون الدائرة PNQ هي الدائرة المطلوبة . وإذا رسمنا في مستوى الشكل الدائرة ذات القطر BL ، فإنها تكون انطباق الدائرة الموازية للأفق على مستوى خط الزوال ؛ ويقطعها المستقيم BO في M ؛ ويكون القوسان LS و LM متشابهين ، لانحصارهما بالزاوية المحوطة ذات الرأس B نفسها ؛ إذا الدائرة IMG على الكرة ، هي دائرة سمت التي نبحث عن إسقاطها على مستوى الإسطراب.

إن إسقاط M هو O ، الذي ينطبق على مستوى الشكل في N . وإسقاطا G و I هما على التوالي P و Q ؛ إذن الدائرة PNQ هي إسقاط الدائرة IMG على المستوى $BCDE$. كما يكون إسقاط جميع الدوائر المارة في I و G دوائر مارة في P و Q . وبرهن أن مراكز هذه الدوائر تقع على المستقيم KN .

هدف القوهي هو إذن في هذه المسألة تبيان أنه إذا عُرِفَت النقطة A ، وهي إسقاط P على مستوى الاستواء ، والنقطة B والمعطيات الثلاثة h, x و β فيمكن عندئذ تحديد النقطة M ، وبالتالي إنشاء الدائرتين CAD و EAG وهما إسقاطي الدائرتين: دائرة ارتفاعها معروف ودائرة سمت.

من هنا مثل صنع الإسطراب ومسائله النظرية والتقنية حول التمثيل الدقيق ، أساسًا للأبحاث الأولى حول الإسقاطات ابتداءً من القرن التاسع الميلادي. وقد قادت هذه الأبحاث الرياضيين قبل انتهاء القرن العاشر الميلادي، إلى إدراك فصل الإسقاطات الجديد في الهندسة. ففي ضوء تبيانهم العناصر الهندسية الكامنة في صناعة الإسطراب ، ومقارنتهم مختلف مناهجها ، وتساؤلهم حول تجانس مختلف الإسقاطات المتبعة، توصل الرياضيون إلى اعتماد الإسقاطات موضوعًا للدراسة.

٦-٢- النظرة الاسقاطية

و قد لعب القوهي وابن سهل دورا هندسياً خالصاً في هذه العملية. اكتشف العلماء النظرة الاسقاطية ، فصارت هذه الكلمة تعنى ، منذ ذلك الحين، دراسة الإسقاطات الاسطوانية والمخروطية للكرة ، وللكرة وحدها بنقاطها ، وأقطارها ، ودوائرها ، والأشكال المرسومة عليها. وقد بات ذلك واضحاً بعرض لهذه الإسقاطات

ولخصائصها بمعزل عن الإسطرلاب، ثم المسائل المحلولة بالإسقاط التسطيحي ، والتي كان يمكن طرحها ، على الأقل نظرياً ، في معرض صناعة الآلة واستعمالها. فصل هذا العرض إلى قسمين مستقلين :

٦-١-٢- إسقاطات الكرة وحدها؛

٦-٢-٢- مسائل الإسطرلاب.

و قد بان جلياً حدود استقلال هذا المجال عن الميدان الذي نشأ منه . وصارت المسألة المعكوسة تحتل في تراث هذا الميدان بالذات مكانة خاصة ؛ فبدلاً من الانطلاق من الكرة المسقطة ، ننطلق بالعكس من تمثيل الكرة المسقطة. ذلك كان مسعى القوهي وابن سهل.

من الجلي إذا أن كلمة "هندسي" كانت تعني تلك الدراسة الاسقاطية للكرة ، التي مثلت منذ ذلك الحين فصاعداً فصلاً جديداً في الهندسة يتميز بلغته وطرق البرهان فيه. فلغته خليط تمتزج فيه مفردات نظرية النسب ، أي لغة الهندسة التقليدية ، بمصطلحات دلت بعد ذلك التاريخ على التصورات الاسقاطية. وأما البراهين فإنها تتألف من مقارنات النسب والإسقاطات والانطباقات . وعندما أثبت القوهي الخاصة التالية : كل دائرة مرسومة على الكرة ، ولا يحتوي مستويها على القطب يقابلها في الإسقاط التسطيحي دائرة في مستوى الإسقاط، والعكس صحيح . لقد استخدم القوهي القضية الأولى من المقالة الخامسة من كتاب "المخروطات" لأبولونيوس ، وهي القضية التي تدرس تقاطع مخروط دائري القاعدة مع مستوي، في حال كان مستوى القاعدة والمستوى القاطع مستويين مضادين للمتوازي. إن فكرة التعاكس لا تمس ابن سهل أكثر مما تمس القوهي ، ولا واقع اقتصار الإسقاط التسطيحي على تعاكس في الفضاء . لكن القوهي استخدم في الإنشاءات الهندسية المستوية ، تقنية الانطباق. ذلك أن حل ما طرحه من مسائل لا يستلزم اللجوء إلى خصائص التعاكس - مالمحافظة على قيم الزوايا ولاسيما التعامد ، كالحالة التي نحن بصدددها - بل عن طريق الخاصة القائلة بتواجد نقطة ما ومثيلتها وقطب الإسقاط على مستقيم واحد. وهكذا نشأ فصل الإسقاطات من مسائل الإسطرلاب التي كان الرياضيون قد بدءوا يجيبون عنها قبل القوهي وابن سهل بأكثر من قرن من الزمان. ولم يتوان خلفاء هذين الرياضيين - كالبيروني، تمثيلاً لا حصراً - عن العودة إلى فصل الهندسة الاسقاطية.

سابعا : مخطوطات أبي الفتح عمر بن إبراهيم الخيامي في الجبر

سبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب إلى اجتماع الرياضيين بين بعض الأدوات في حل المعادلات العددية والجبر ، وإلى أن ذلك عاد إلى تيارين في القرن الحادي عشر الميلادي كانا يهدفان إلى تحديد الجبر وتوسيع مجاله :

١- تطبيق الحساب على الجبر ، ومحاولات غير مباشرة لتوسيع مفهوم العدد. وأضافت أعمال الكرجى المتنوعة بأعمال أتباعه أمثال السموأل إلى المسألة التي نحن بصددھا، أول مجموعة من الأدوات ؛

٢- التقدم بالجبر من خلال الهندسة. وقد قادت الدراسة الجبرية إلى المنحنيات وتأسست الهندسة الجبرية. وقد تميّز هذا التيار باسمى عمر الخيام وشرف الدين الطوسى ، وشكّل المجموعة الثانية من الأدوات المطلوبة، وصار بالإمكان طرح مسألة المعادلات العددية.

من هنا حقق رشدى راشد آثار الخيام الجبرية ونشرها^(٧) . فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية. وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادى. وقد ألحت عليه فكرة تحقيق رسائل الخيام عندما كشف لأول مرة عن أعمال شرف الدين الطوسى وأهميتها البالغة فى تاريخ الهندسة التحليلية أو تاريخ الهندسة الجبرية. فعند تحقيقه لكتاب شرف الدين الطوسى كان كثيراً ما يعود إلى آثار الخيام لتحديد أثره ولتعيين تجديد شرف الدين الطوسى نفسه. وأحس رشدى راشد فى أثناء هذا العمل بحاجة ماسة لطبعة جديدة محققة لآثار الخيام تغنى عن تكرار مؤلفاته كذبول لكتاب شرف الدين الطوسى. وأسس ذلك لرؤية تاريخية للخيام ولذلك الفرع من الجبر : الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية. فقبل تحقيق رشدى راشد للخيام كنا لا نعرف إلا الخيام نفسه، وكنا نجهل من تبعه ودرس ابتكاراته ومن ثم كنا لا نعرف شيئاً عن أثره فى تاريخ العلوم الجبرية.

ومما زاد فكرة تحقيق آثار الخيام إلحاحاً الكشف عن نص "فى قسمة ربع الدائرة" لم ينشر محققاً بعد رغم أهميته لفهم ما قصد إليه الخيام ، ولوعى مشروعه العلمى فضلاً عن مخطوطات لرسالته فى الجبر لم تكن معروفة فى منتصف القرن التاسع عشر الميلادى عندما حققها المستشرق الفاضل ويكه وترجمها إلى اللغة الفرنسية ودرسها.

٧-١- حياة الخيام

فى أواسط القرن الخامس الهجرى الموافق لأواسط القرن الحادى عشر الميلادى ولد نيسابور لإبراهيم الخيامى أبو الفتح عمر. فمن نسبته إذا يبدو أن أباه أو أحد أجداده كان بائعاً للخيم. ولكن أبا الفتح عمر كثيراً ما كان يسمى نفسه بالخيام لا بالخيامى. فمؤلفنا هو إذاً أبو الفتح عمر بن إبراهيم الخيام الرياضى الشاعر. فإننا لا نعرف عن حياته الكثير. ولكن الجميع يشهد له بالنبوغ فى العلم ويقر له بالإمامة فيه ، وكذلك فى الشعر والأدب. كان نيسابورى الميلاد والآباء والأجداد، وكان ثلثو أبى على ابن سينا فى أجزاء علوم الحكمة.

وقد تأمل كتابًا بأصفهان سبع مرات وحفظه، وعاد إلى نيسابور وأملاه. ولم يصنف إلا مختصرًا في الطبيعيات ورسالة في الوجود ورسالة في الكون والتكليف، وكان عالمًا باللغة والفقه والتواريخ.

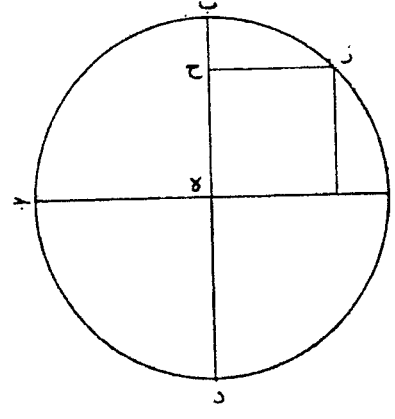
و افترض رشدى راشد أن ميلاد الخيام يرجع لسنة ٤٤٠ هجرية أى سنة ١٠٤٨ ميلادية. الحكيم على بن محمد الحجازى القلبى أنه عاش ٩٠ سنة ومات فى سنة ٥٤٦ هجرية. وكان من تلامذة الخيام، فالحكيم على بن محمد الحجازى القلبى من مواليد ٤٥٦ هجرية. فلو افترضنا أن الفرق بين الأستاذ والتلميذ هو فرق الجيل أو أقل منه قليلاً انتهينا إلى أن الخيام يكبر الحكيم على بن محمد الحجازى القلبى بست عشرة سنة.

ثم قابل رشدى راشد ما سبق بما رواه العروضى السمرقندى عن الخيام ووفاته. ومن المعروف أن ابن سينا قد توفى سنة ١٠٣٧ ميلادية فميلاد الخيام قبل هذا التاريخ. فإذا قبلنا ما قاله العروضى السمرقندى يكون الخيام قد جاوز المائة. ولقد ذكر الخيام أبا على ابن الهيثم مرات فى كتبه مترجمًا علىه كل مرة، مما يدل على أنه يعرف بوفاته التى ترجع لسنة ١٠٤٠ ميلادية. إن الخيام كان تلميذًا لبهمنيار، لا للشيخ الرئيس، ومن ثم يفصله جيل عن ابن سينا.

و كلما بعد الراوى عن أواسط القرن الخامس ازداد الطابع الأسطورى للرواية، فرواية شمس الدين الشهرزورى الذى كتب بين سنة ٥٨٦ وسنة ٦١١ هجرية، "فى نزهة الأرواح وروضة الأفراح"، لا تضيف إلى البيهقى إلا بعض أبيات من شعر الخيام. أما ابن الأثير فقد كتب يقول فى كتابه "كامل التواريخ" (سنة ٦٢٨ هجرية على وجه التقريب)، فى كلامه عن حوادث سنة ٤٦٧ هجرية إنه اجتمع جماعة من أعيان المنجمين فى عمل الرصد منهم عمر بن إبراهيم وأبو المظفر الأسفزارى وميمون بن النجيب الواسطى وغيرهم، وتربح وبقى الرصد دائرًا إلى أن مات السلطان ملكشاه سنة ٤٨٥ فبطل بعد موته. وكان الخيام بين من جمعهم نظام الملك وملكشاه، وكان عمره حينئذ ٢٧ سنة تقريبًا.

من جهة أخرى، أورد القفطى أن الخيام قد قدح فى دينه - "ولما قدح أهل زمانه فى دينه، وأظهروا ما أسره من مكنونه، خشى على دمه، وأمسك من عنان لسانه وقلمه، وحج متافاة لا تقية وأبدى أسراراً من السرار غير نفية، ولما حصل ببغداد، سعى إليه أهل طريقته فى العلم القديم، فسد دونهم الباب سد النادم لا سد النديم، ورجع من حجه إلى بلده يروح إلى محل العبادة ويغدو ويكتم أسرار هـ " . -، ولكى ينقذ نفسه لم يبق له إلا النفاق. وبعض شعر الخيام فى رباعياته بحث على قبول هذه الصورة التى صورها القفطى أو نقلها، وإن لم يكن هناك ما يدل على هذا من أقوال معاصرى الخيام، كالبيهقى والعروضى. فالبيهقى الذى لم يتردد عن ذكر الخيام بسوء ، لا يشير إلى ما زعمه القفطى.

إن الخيام - من الجهة الفلسفية- كان قريباً من ابن سينا ، ولم يكن من أصحاب الجمود الفكري. ولعل غموض هذا الموقف للشاعر الفيلسوف هو الذى أثار أغرب ما روى عن الخيام. لا نعرف عن حياة الخيام من الخبر اليقين إلا القليل النزر. وهو ما رواه البيهقي والعروضى السمرقندي، ألا وهو أنه ولد سنة ١٠٤٨ ميلادية فى نيسابور على وجه التقريب، وتوفى بها سنة ١١٣١ على أغلب الاحتمال ، وتزوج وسافر إلى بلخ وأصفهان وعمل فى الرصد لنظام الملك وملكشاه، وقد قيل إنه ببغداد دون أى دليل.



٧-٢- مشروع الخيام العلمي

ينسب إلى الخيام مؤلفات رياضية وفلكية وطبيعية عدة، فضلا عن رباعياته المشهورة، التى ترجمت إلى عديد من اللغات . وهو كأهل عصره قد كتب معظم مؤلفاته العلمية والفلسفية فى اللغة العربية، أما "رباعياته"، فلقد دونها فى اللغة الفارسية-لغته الأم. واقتصر رشدى راشد على إشارة عابرة إلى مؤلفاته ليحلل مصنفاته الجبرية وحدها بالتفصيل.

و مؤلفاته هى : "رسالة فى الكون والتكليف"؛ "تنمة" "رسالة فى الكون والتكليف"؛ "الرسالة الأولى فى الوجود" أو "الضياء العقلى فى موضوع العلم الكلي"؛ "رسالة فى الوجود"؛ رسالة فى اللغة الفارسية فى موضوع "كلية الوجود"؛ "الزيج الملكشاهي"؛ "كتاب فى صنعة ميزان الحكمة"؛ "تورور نامه". أما عن مؤلفاته الرياضية، فمنها :

٧-٢-١- كتاب مفقود يذكره فى مقالته "فى الجبر والمقابلة" يعرض فيه لاستخراج الجذر النونى والبرهان عليه ؛

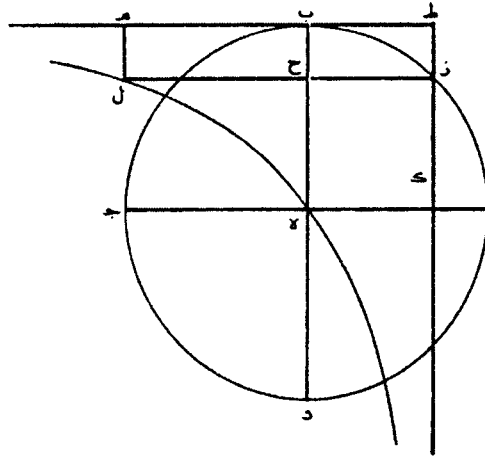
٧-٢-٢- رسالة فى شرح ما أشكل من مصادرات إقليدس؛

٧-٢-٣- رسالة فى قسمة ربع الدائرة.

أراد الخيام أن يقسم في هذه الرسالة ربع دائرة $ا ب$ من دائرة $ا ب ج د$ بقسمين على نقطة مثل $ز$ ونخرج عمود $ز ح$ على قطر $ب د$ فيكون نسبة $ا هـ$ إلى $ز ح$ كنسبة $هـ ح$ إلى $ح ب$ وهـ مركز الدائرة و $ا هـ$ نصف القطر ؛ يؤدي التحليل إلى أمر معلوم، ثم ركب على تلك الصفة فأعاد دائرة $ا ب ج د$ ومركزها هـ، وأخرج $ا ج ب د$ يتقطعان على زوايا قائمة ، وخرج عمود $ز ح$ يكون نسبة $ا هـ$ إليه كنسبة $هـ ح$ إلى $ح ب$ ، وأخرج عمود $ك ز ط$ ، $ط ب م$ ونتم سطح $ط ل$ بعد أن جعل خط $ب م$ مثل $ا هـ$:

فلأن نسبة $ا هـ$ إلى $ز ح$ كنسبة $هـ ح$ إلى $ح ب$ ، وب $م$ مثل $ا هـ$ ، يكون نسبة $ب م$ إلى $ز ح$ كنسبة $هـ ح$ إلى $ح ب$ وضرب $ب م$ في $ح ب$ مساوياً لضرب $ز ح$ في $هـ ح$ كما بينه إقليدس في كتابه في "الأصول"، وضرب $ب م$ في $ح ب$ مثل سطح $ب ل$ ، وضرب $ز ح$ في $هـ ح$ مثل سطح $ح ك$ ، فيكون سطح $ب ل$ مساوياً لسطح $ح ك$ ، ونجعل سطح $ح ط$ مشتركاً ، فيكون سطح $ط هـ$ مساوياً لسطح $ط ل$. فإن عملنا قطعاً زائداً لا يلقاه خطأ $ك ط م$ ويمر على نقطة هـ كما بينه أبولونيوس في المقالة الأولى من كتابه في "المخروطات"، والشكل ووهـ من المقالة الثانية من كتاب أبولونيوس في "المخروطات" - إذ هذا العمل يتم بهذه الأشكال الثلاثة - فإن ذلك القطع الزائد يمر على نقطة $ل$ لا محالة، كما يتبين من عكس الشكل الثامن من المقالة الثانية من كتاب أبولونيوس في "المخروطات".

ونقطة هـ معلومة الوضع ، وخط $ب م$ معلوم الوضع والقدر، إلا أن نقطة $ل$ عند التركيب غير معلومة الوضع، لأنها لو كانت معلومة الوضع لكانت نقطة $ح$ معلومة الوضع ، لأن خط $ح ل$ معلوم القدر ، فيكون خط $ب ح$ معلوم القدر، وكان الشكل معلوماً. وكذلك خط $ط ك$ غير معلوم الوضع لأنه لو كان معلوم الوضع لكانت نقطة $ط$ معلومة الوضع ولو كانت نقطة $ط$ معلومة الوضع لكان خط $ط ب$ معلوم القدر ، ولو كان خط $ط ب$ معلوم القدر لكان الشكل معلوماً، وليس كذلك ، إذ المقصود علم الشكل. فلو كانت نقطة $ل$ معلومة



الوضع ، أو خط $ط ك$ معلوم الوضع ، لكان بالإمكان أن يعمل الشكل وينال المقصود عند التركيب. وليست المعرفة بوحدة منها معرفة بيسيرة.

٧-٣- البحث في الجبر

حقوق ف . ويبكه نص مقالة الخيام ونشر تحقيقه مع ترجمة فرنسية سنة ١٨٥١ بباريس تحت العنوان الفرنسي : *L'Algèbre d'Omar*

Al-kkayyam (١٢٧ صفحة) ثم ترجم بعد ذلك بثمانين سنة داود قصير(?) *Kasir* النص العربي - النص نفسه الذي سبق أن نشره ويكه من قبله- إلى اللغة الإنجليزية. وتستند ترجمة داود قصير (?) *Kasir* الإنجليزية إلى ترجمة ف . ويكه الفرنسية أكثر من اعتمادها النص العربي الأصلي. ثم جاءت ترجمة إنجليزية أخرى قام بها الأستاذان ونتر وعرفات. وهذه الترجمة مستقلة عن الأخرى فلقد استعان المترجمان بمخطوطة المكتب الهندي من ناحية، وحاولا الالتزام بالنص من ناحية أخرى. ثم قام بعد هذا الأستاذ غلام حسين مصاحب بنشر تحقيق ويكه مع ترجمة فارسية له. وأخيرًا نقل إلى الروسية روزنفلد ويشكفتش تحقيق فبكه لرسالة الخيام وتعليقاته المختلفة .

- (١) السموأل ، "للباهر في الجبر"، تعليقات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدي راشد، سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠، دمشق، جامعة دمشق، ١٩٧٣ ؛ أنظر فيما يتعلق بالتحقيق بوجه عام : التراث الفكري وتراث النص، مخطوطات العلم العربي، تحقيق مخطوطات العلوم في التراث الإسلامي، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٨، لندن، ١٩٩٨، ص ٢٩-٧٦؛ النسخة الإنجليزية : التراث الفكري ونصوص التراث، المخطوطات العربية في العلم، ي.ابش (تحرير)، نشر المخطوطات الإسلامية في العلم، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٧، لندن، الفرقان، ١٩٩٩، ص ١٥-٥١ .
- (٢) رشدي راشد، شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة في القرن الثاني، المجلد ١، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ١٩٩٨ . في اللغة الفرنسية؛ شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة في القرن الثاني، المجلد ٢، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية في بيروت عام ١٩٩٨ . في اللغة الفرنسية؛ مسألة شرف الدين الطوسي الحسابية-الهندسية، مجلة تاريخ العلوم العربية، ٢٠٢، ١٩٧٨، ص ٢٣٣-٢٥٤ . في اللغة الفرنسية.
- (٣) رشدي راشد، فن الجبر عند ديوفنطس، القاهرة، دار الكتب، ١٩٧٥ ؛ ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤، المجلد ٣، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . في اللغة الفرنسية؛ ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و ٦ و ٧، المجلد ٤، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . في اللغة الفرنسية؛ ديوفنطس الاسكندراني، "صناعة الجبر"، ترجمة قسطنطين لوقا، تحقيق وتقديم رشدي راشد، التراث العلمي؛ ١ ، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥ ؛ الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٧؛٢، ١٩٧٤، ص ٩٧-١٢٢ (في اللغة الفرنسية)؛ الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٨؛٢، ١٩٧٥، ص ٣-٣٠ (في اللغة الفرنسية)؛ "التحليل الديوفنطسي في القرن العاشر، مثال الخازن"، مجلة تاريخ العلوم، ٣٢، ١٩٧٩، ص ١٩٣-٢٢٢ ؛ "تعليقات حول تاريخ التحليل الديوفنطسي"، مؤتمر الجبر والهندسة، الكويت، ١٩٨١، ص ١٠٢-١٠٣ .
- (٤) رشدي راشد، ترجمة د. شكر الله الشالوحي ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري (ابن سهل-القوهي-ابن الهيثم)، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٣)، مركز دراسات الوحدة العربية، ط١، بيروت-لبنان، ١٩٩٦، ص ٥٣-٩٣
- (٥) رشدي راشد، ترجمة د. شكر الله الشالوحي ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري (ابن سهل-القوهي-ابن الهيثم)، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٣)، مركز دراسات الوحدة العربية، ط١، بيروت-لبنان، ١٩٩٦، ص ١٧-٥٢ وص ٩٣-١٧٣ .
- (٦) رشدي راشد، ترجمة د. شكر الله الشالوحي ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري (ابن سهل-القوهي-ابن الهيثم)، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٣)، مركز دراسات الوحدة العربية، ط١، بيروت-لبنان، ١٩٩٦، ص ١٢٦-١٥٢ .
- (٧) "الإنتاج الجبري للخيام" (تحقيق مشترك مع أحمد جبار)، حلب، مطبوعات جامعة حلب، ١٩٨١، ٣٣٦؛ الخيام رياضيا، بالاشتراك مع ب. فهابزاده، باريس، مكتبة بلونشار، ١٩٩٩ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإنجليزية تحت العنوان نفسه : الخيام رياضيا، نيويورك، ٢٠٠٠، من دون إعادة طبع المخطوطات العربية المطبوعة في النسخة الفرنسية الأصلية.

الباب الثالث

فلسفة الرياضيات في العربية

"إن عالم الرياضيات الجيد هو نصف فيلسوف، على الأقل،
والفيلسوف الجيد هو نصف عالم رياضيات، على الأقل."

فريدريش لودفيج جوتلوب فريجه
(١٨٤٨-١٩٢٥)

الفصل الأول

فلسفة الرياضيين

**"إن مؤرخ الفلسفة العربية في العصر الوسيط قد اخطأ، في تقديره،
بتجاهله فلسفة الرياضيات العربية"**

رشدى راشد

طبيعة العلاقات بين الفلسفة والرياضيات

أولاً: إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥هـ / ٩٤٦م)

أول كتابة في العربية، كاملة، ومتكاملة في المنطق الفلسفي

حقق رشدي راشد بحوث إبراهيم ابن سنان في المنطق والهندسة في القرن العاشر الميلادي^(١). وترجمها إلى اللغة الفرنسية وشرحها. وقد بينا في الباب الأول، من هذا الكتاب، برهان رشدي راشد أن الطريق، في تاريخ الرياضيات، إلى الكشف العلمي ليست طريقاً مباشرة ولا طريقاً قصيرة. استخدم في بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق التحقيق كما يستخدم التفكير الرياضي والتاريخي والفلسفي المنظم. لكن عندما بحثنا عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، في الباب الثاني، توصلنا في هذا الباب الثالث من الكتاب، إلى طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة فلسفة الرياضيات الكلاسيكية.

وكان رشدي راشد قد رسم، كما بينا في الباب الأول من هذا الكتاب، خطة للبحث، توافرت فيه عناصر الطريقة الحديثة وتوافرت فيه شرائطه. وقد عرضنا في الباب الثاني من هذا الكتاب تأريخ رشدي راشد، في حقل العلوم وفلسفتها في الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر الميلادي. وقد أدت هذه البحوث وتلك الدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. وعرضنا في الفصل الثاني من الباب الثاني من هذا الكتاب لكشف رشدي راشد عن حقول علمية جديدة تمام الجدة وخاصة في المجالات المجهولة من تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

أما الوجهة الفلسفية فهي محور هذا الباب. إن الفلسفة كما صاغها الرياضيون في اللغة العربية، هي محور الفصل الأول من هذا الباب، ثم نتناول الرياضيات كما صاغها الفلاسفة الخُص في اللغة العربية، في الفصل الثاني من هذا الباب. يحاول هذا الباب أن يجيب على المسائل التالية: هل استقى فلاسفة الإسلام في الفترة

الكلاسيكية من البحث الرياضى العربى المتقدم بين القرن التاسع الميلادى والقرن السادس عشر الميلادى، مدارات معينة للتفكير الفلسفى النظرى الخالص؟ هل حاول فلاسفة الإسلام الكلاسيكى اقتباس نماذج التفكير الرياضى العربى المتقدم فى ذلك الوقت من تاريخ الحضارة الإسلامية الكلاسيكية، لصياغة أنساقهم الفلسفية ونظمهم الميتافيزيقية؟ هل انغلق فلاسفة الإسلام الكلاسيكى على ما سماه المؤرخون باسم "الفلسفة"، أى هل انغلق فلاسفة الإسلام الكلاسيكى على ما سماه المؤرخون بنظرية الوجود والنفس التى انفصلت عن المعارف واستقلت عن التحديدات، عدا محدد الدين؟ هل اقتصر فلاسفة الإسلام الكلاسيكى على ما سماه المؤرخون باسم تراث العصر القديم المتأخر الدينى الإسلامى الكلاسيكى؟ هل بالإمكان تصور أن فلاسفة الإسلام الكلاسيكى لم يبالوا بالتقدم النوعى للعلوم الرياضية والنتائج الرياضية المختلفة فى الإسلام الكلاسيكى، وفى اللغة العربية -الجبر، الهندسة الجبرية، التحليل الديوفنطى، نظرية المتوازيات، مناهج الإسقاطات؟ هل بالإمكان تصور أن فلاسفة الإسلام الكلاسيكى لم يبالوا بالتقدم النوعى، لمسائل معرفية صدرت عن معقولات *MATHESES* رياضية مختلفة فى الإسلام الكلاسيكى، وعن أحداث معرفية *EPISTEMIQUES* نوعية فى اللغة العربية-مثل قبول الرياضيات التطبيقية، وتطبيق الرياضيات فى الفيزياء (ابن الهيثم)، وعلم الهندسة الغير الكمية، تمثيلاً لا حصراً؟ هل غاب ذلك عن فلاسفة الإسلام الكلاسيكى؟ كان بعض فلاسفة الإسلام الكلاسيكى رياضيين، وكان البعض الآخر على دراية دقيقة بتاريخ الرياضيات. فكيف يغيب عنهم ذلك؟ ليس هناك ضرورة مطلقة لى تتوافق فلسفة معينة مع علم معين. وليس هناك من ضرورة تامة تلزم الفيلسوف بدور محدد فى تاريخ الرياضيات وتاريخ العلوم. ليس هناك ضرورة مطلقة تحدد، قَبْلياً، العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية. من هنا التساؤل المزدوج حول الفلسفة الرياضية والرياضيات الفلسفية لدى الفلاسفة والرياضيين على السواء، لدراسة العلاقة البَعْدِيَّة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، فى الفترة الكلاسيكية، من تطور الحضارة الإسلامية.

قل عدد الباحثين فى المسائل التى تتعلق بتاريخ العلاقة البَعْدِيَّة بين الرياضيات والفلسفة النظرية فى الفترة الكلاسيكية من تطور الحضارة الإسلامية. وذلك بسبب موضوعى هو تخفى الفلسفة الرياضية بين عناصر الرياضيات فى الأعمال الرياضية نفسها وبسبب تفرقها فى هذه الأعمال. وبينما اعتاد المؤرخ العرض للأنساق الميتافيزيقية الكبرى، كشف رشدى راشد عن أقنعة الفلسفة الرياضية العربية، وتناثرها، على حدود المتن الرياضى نفسه. مع ذلك، فهناك بعض الأعمال المؤلفة فى متون مستقلة بذاتها، كما سأبين فى هذا الباب، على سبيل المثال، فى مشروع "التحليل والتركيب"، حيث أعاد الرياضيون فى اللغة العربية صياغة الرياضيات اليونانية القديمة كلها فى لغة الرياضيات الحديثة.

كذلك بدا هذا النشاط الفلسفي أحيانا وكأنه حل فلسفي للمسائل الرياضية الغير المطروحة في الرياضيات في ذلك الوقت. وقد بين رشدي راشد أن فلسفة السجزي، تمثيلا لا حصراً، قد حلت محل تصورات التحليل الرياضي الذي لم يظهر إلا بعد ذلك بوقت طويل.

في هذا الباب الثالث عن فلسفة الرياضيات العربية، إذن، أبين بالتحليل والنقد، رؤية رشدي راشد الفلسفية إلى الرياضيات والنظر الرياضي للفلسفة في آن واحد. فهو باب يعرض للتاريخ الفكري للأفكار الرياضية العربية، وبوجه خاص طرق البرهان في الرياضيات، وأساس المعرفة التركيبية والتحليلية، ومسألة تصنيف المسائل الرياضية. وذلك لتعيين لطبيعة المعرفة الرياضية ومنزلتها في اليقين الممكن للإنسان العربي وحدود العقل العربي في البحث عن الحقيقة. نظر رشدي راشد إلى العلم كعلم لا كظاهرة ثقافية عامة، ودرس تطوره في الحضارة العربية. ولا يزال مجال البحث في هذا الميدان مفتوحاً تماماً.

إن البحث التاريخي في الرياضيات، عند رشدي راشد، كما سبق أن أشرنا، هو جزء من آلية إنتاج المعرفة العلمية نفسها من دون النظر الضروري إلى مسلمات إنتاج العلم واستعماله. وهو يقف على الوقائع العلمية بالذات بالنصوص والمخطوطات والوثائق. ويكاد في أغلب الأحيان يصرف النظر عن المسلمات التاريخية-الاجتماعية التي تربط الظاهرة العلمية بمجموعة البنى والمؤسسات التي يتأثر بها العلم. إن التأريخ الرشدي للرياضيات هو بالضرورة تأريخ من داخل الرياضيات نفسها لا تأريخاً سوسيولوجياً-اجتماعياً. لذلك فهو كمؤرخ للرياضيات يلم إماماً علمياً دقيقاً كالرياضي، بالأفكار والنظريات والمبرهنات الرياضية.

اجتنب السموأل بن يحيى بن عباس المغربي (متوفى حوالي سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م) وأغلب رياضيي القرن الثاني عشر الميلادي، كما اجتنب رشدي راشد، الخوض في مسائل الوجود النظرية. تلك هي المفارقة. سبق أن أشرنا، في الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب، إلى قيام استراتيجية رشدي راشد في التأريخ للعلوم العربية على نقد المخطوطات القديمة من دون مسلمات حول الوجود الإنساني بوجه عام. وكان قد سعى السموأل إلى بناء متتالية من الأعداد النسبية تتقارب مع عدد جبري حقيقي مُعطى. بحث السموأل عنها للتأسيس لجميع التقريبات من خلال الإعادة، واعتمد طريقة تكرارية. السموأل رياضي أقام بديار بكر وأذربيجان وله رسائل في الجبر والمقابلة يرَد فيها على ابن الخشاب النحوي. وذلك أن ابن الخشاب كان معاصره وكان لابن الخشاب مشاركة في الحساب ونظر في الجبر والمقابلة. وأحيا رشدي راشد آثار الخيام، لمي أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة في إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذي ورد في كتاب ديكارت عن "الهندسة" في القرن السابع عشر الميلادي.

كانت الرياضيات في القرن السابع عشر الميلادي، عند رنيه ديكارت، قد قامت على الميتافيزيقا. وتتبع الرياضيات الميتافيزيقا من دون قطيعة. مع ذلك فهما ليسا مخلوطين. فكل منهما مقتضاياه الخاصة. ومع أن الرياضيات لها موضوعا خاصا بها فإنها تتبع الميتافيزيقا. الرياضيات هي جزء من الفلسفة الحقيقية كما عبر ديكارت. تهدف الرياضيات إلى صياغة المبادئ الحقيقية للأشياء غير المادية. فهي فرع من فروع شجرة الفلسفة التي تطلع من جذع الفيزياء. والمبادئ الحقيقية للأشياء غير المادية هي التصورات والقضايا العامة التي تبين معقولية الظواهر غير الطبيعية. وهي فطرية، بذور الحقيقة، قضايا بسيطة حرة من الصورة الجسدية بعامة. إنها طبائع أو طبيعات بسيطة معروفة بذاتها ولا تحتوى أبدا على شيء خاطئ ولا يمكن أن تكون موضوع بحث. فهذه المبادئ الحقيقية تحمل بعدا وجوديا لأنها تقدر أن تتصل بالأشياء جميعا.

١-١- نظرية البرهان عند إبراهيم ابن سنان

لم يذكر ابن الهيثم من أسلافه سوى من طوروا بحوثهم. ومن بين المحدثين النادرين الذين يذكرهم ابن الهيثم، في هذا السياق، هم : ابن سنان، والقوهي، وابن سهل. وتقع أعمال القوهي، حسب رشدى راشد، في سياق الكشف عن طريقة التحويلات في الهندسة في القرنين التاسع الميلادي والعاشر الميلادي، وفي سياق دراسة مجموعتين من المسائل :

المجموعة الرياضية الخالصة. وتنتمي إلى المدرسة الأرسيميدسية والأبولونية العربية. وهي تضم مسائل ظهرت في أثناء دراسة المخروطات، ومساحات بعض القطوع الناقصة والمكافئة، ورسم بعض المنحنيات؛

المجموعة التطبيقية الهندسية لحل المسائل الرياضية الفلكية، ولاسيما مسألة تمثيل الكرة الدقيق، بغية إنشاء اسطرلاباتهم. وهذه المسائل قديمة جدا. فبطلميوس قد لجأ إلى الإسقاط التسطيحي. غير أن رشدى راشد سجل التقدم الفريد الذي أحرزه القرن التاسع الميلادي، في إنشاء الاسطرلابات واستخدامها. أثار الطلب المتزايد مضاعفة الأبحاث حول الإسقاطات بغرض إنشاء الاسطرلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندي وبنوموسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزي وغيرهم، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الاسطرلاب، وعلى طريقة الإسقاطات. وانكبّ الرياضيون الفلكيون أمثال ما شاء الله والمروروذى والفرغانى وحش والصوفى وغيرهم. وهكذا أطلق الرياضيون والرياضيون-الفلكيون الجدل حول فضائل الاسطرلابات المختلفة ومزايا مختلف الإسقاطات. ويروى الفرغانى وكتاب آخرون أنه في عهد الخليفة المأمون اخترع الكندى - أو المروروذى - إسقاطاً أسماه المبطّخ - أى بشكل فاكهة "الشّمَام" - وهو ما سمي باسم إسقاط

لامبر (*Lambert*) وكانبولي (*Cagnoli*) فيما بعد. وانتقد بنى موسى هذا النوع من الإسقاط كوسيلة لإنشاء الاسطرلاب. كما قدم الفرغاني نفسه، في تلك الحقبة، أول عرض نظري في التاريخ، عن الإسقاط التسطيحي.

وكان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه في مدى تأثير كتاب المناظر لبطلميموس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء) في علم المناظر عند العرب. أما الأساس الثاني فقد قصد رشدى راشد إلى قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس في البحث في الرياضيات في القرنين التاسع الميلادي والعاشر الميلادي.

أما ابن الهيثم فوضع كتابه عن "خطوط المواقيت" في موضع قريب من كتاب ابن سنان عن "أدوات الإظلال" وضده في آن معا. ويقارب ابن الهيثم -كما سنوضح ذلك في ما يلي- مسألة التحليل والتركيب التي سبق أن تناولها ابن سنان. فقد سيطرت مسألة التحليل والتركيب على الفلسفة الرياضية نحوألفيتين على أقل تقدير. سيطرت مسألة التحليل والتركيب على الفلسفة الرياضية عند أفلاطون، وأرسطو، وجالينوس، وبابوس، وبرقليس، وأقليدس المنحول، وأرشميدس، وأبولونيوس، وديوفنطس، والسموأل، والكندي، وإبراهيم ابن سنان، وابن الهيثم.

تجاوز ابن الهيثم إبراهيم ابن سنان. لكنهما من أندر الرياضيين الذين بحثوا في التحليل والتركيب قبل منتصف القرن السابع عشر الميلادي. وأما إبراهيم ابن سنان فقد بحث المسألة في بحثه عن "طريقة التحليل والتركيب في المسائل الهندسية"^(٧). وأما ابن الهيثم فقد بحث المسألة في بحثه عن "التحليل والتركيب". وقد حقق رشدى راشد هذين البحثين وترجمهما وشرحهما ودرسهما من الجهة التاريخية والرياضية والفلسفية.

ومثل هذان البحثان تحولاً عن البحوث اليونانية السابقة في الميدان نفسه. سيطرت مسألة التحليل والتركيب، كما أسلفنا، على الفلسفة الرياضية عند أفلاطون وأرسطووجالينوس، وبابوس، وبرقليس، وأقليدس المنحول، وأرشميدس، وأبولونيوس، وديوفنطس. لكن الفلاسفة وعلماء الرياضيات والأطباء اليونانيين منذ القرن الرابع الميلادي اختصروا المسألة ولم يخلفوا لنا سوى الشذرات المتناثرة هنا وهناك. ترك أقليدس المنحول بعض السطور، وبابوس شذرة مختصرة، وبرقليس شذرة مختصرة أخرى. وكان أرشميدس، وأبولونيوس، وديوفنطس، تمثيلاً لا حصراً، على علم باللفظين -التحليل، التركيب- لكن أحداً منهم لم يقف عليهما. فهناك فرق بين تطبيق الإجراء وعرض الأفكار التي تمثل مداراً في ضوء منهج أوفى ميدان. ففي حال تطبيق الإجراء، اقتصر أرشميدس، تمثيلاً لا حصراً، على تسمية خطوات الإجراء. وفي حال عرض الأفكار التي تمثل مداراً في ضوء منهج أوفى ميدان معين من ميادين الرياضيات، يشرح العالم الإجراء، ثم يشير إلى صيغة الاستعمال، ثم يحدد إمكانيات التطبيق، كما بحث بابوس وبرقليس، تمثيلاً لا حصراً. ويصرح

رشدی راشد بجهله بوجود ترجمة عربية من شذرات بابوس وابرقلس. والنص الوحيد الذى بين یدى الباحث هو نص من كتاب "الصناعة الصغيرة" لجالينوس فى التحليل والتركيب. حقق رشدی راشد "كتاب أبى الحسن ثابت بن قرة إلى ابن وهب فى التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية"^(٣). ومع أن ابن قرة لا يذكر لفظى التحليل والتركيب، فإنه درس محتواهما. مر لفظ التحليل والتركيب مر الكرام فى كتاب الفارابى عن "إحصاء العلوم"، لكنه يعرض للتحليل والتركيب فى "كتاب الموسيقى الكبير". من هنا انتشر البحث فى التحليل والتركيب فى القرن العاشر الميلادي. وتجدد التحليل والتركيب. بحث ابن سنان، وابن سهل، كما أسلفنا، فى التحليل والتركيب. وبحث فيهما السجزي، فى "كتاب فى تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية."^(٤) وبعد رحيل ابن سنان بقرن تقريباً، ظل ابن سنان مؤثراً فى ميدان البحث الهندسى المتقدم فى ذلك العصر. وكلام ابن الهيثم عن ابن سنان يمثل شهادة رئيسية وتاريخية حول أهمية بحث ابن سنان الرياضى وإبداعاته.

ومثل إسهام ابن سنان (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥هـ / ٩٤٦م) أحد مهندسى القرن العاشر الميلادي، فى التحليل والتركيب، إسهاماً رئيسياً. ويشهد بن سنان نفسه على ذلك العصر الذى أعاد اكتشاف التحليل والتركيب، أى أنه شهد على الثلث الأول من القرن العاشر الميلادي. فقد استعاد الرياضيون، فى ذلك الوقت، محور التحليل والتركيب، واستعادوا بنحو خاص مسألة الجواب على سؤال : هل يخالف التركيب التحليل؟

وجاء جواب بن سنان على هذا السؤال فى سياق البحث الرياضى المتعدد. وفى مجال الرياضيات التحليلية، أفاد ابن سنان من ثابت ابن قرة. وفى أفق بحث الحسن ابن موسى، بحث ثابت ابن قرة عن التحويلات الهندسية. وصارت التحويلات الهندسية أداة متميزة فى البحث الهندسي. وتطورت المسائل المنطقية والنسقية كما تطور الجبر من خلال اختزال عدد المقدمات، وتحديد عدد البناءات الوسيطة لى يستقيم الاختلاف بين التركيب والتحليل. وكما فى تقسيم الفارابى للعلوم الرياضية إلى علوم عملية، وإلى علوم نظرية، صارت الرياضيات، عند ابن سنان، علماً تطبيقياً. وصارت "العلوم الفرعية" علوماً حقيقية. ومع إنه فكر متأثراً بعلمى أرشميدس وأبولونيوس، فقد تجاوز ذلك الإطار إلى إطار غير يوناني، أى فى إطار الجبر، والتحليل الديوفنتى الصحيح، والنظرية الجبرية للمعادلات التكعيبية، من جهة، وفى إطار الفلك والمناظر والاستاتيكا، وتجديد الهندسة الهلنستية، من جهة أخرى : الهندسة التحليلية، الهندسة الكرية، وغيرها من العلوم، وهندسة المواضع والأشكال، ودراسة التحويلات الهندسية، وغيرها من الفصول الهندسية. لم يكن بإمكان لغة التقسيم الرباعى الموسوعى الرياضى القديم أو نظرية التناسب أن تتسع لمثل ذلك التنوع. العلوم الرياضية، عند الكندي، أربعة : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. اشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا المجموعة الرباعية، فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة،

الموسيقي، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة في مدرسة الإسكندرية التي عنيت بالغ العناية بالرياضيات والتي نبغ فيها أقليدس صاحب الهندسة وبطلميوس صاحب المجسطي. وهذا الترتيب هو الترتيب المأثور عن مدرسة الإسكندرية، وهو الترتيب الذي بقى حتى العصر الوسيط في أوروبا اللاتينية، ما استقر الترتيب في العصور المتأخرة في اللغة العربية في قول: الحساب، الموسيقى، الهندسة، الفلك. وبالتالي اتجه الرياضيون إلى أنواع أخرى من البرهان، كالنوع الجبري في البرهان، تمثيلا لا حصرا. من هنا تخيل الفارابي تصورا مغايرا وجوديا للموضوع الرياضي، وتصور كذلك تصورا مغايرا للتقسيم الرباعي والتقليدي للرياضيات والعلوم بعامة. لكن كان لا بد للرياضيين أنفسهم من إعادة النظر وتأسيس العلوم الجديدة ووحدة الرياضيات. ونحو أواخر القرن التاسع الميلادي وأوائل القرن العاشر الميلادي، كانت الرياضيات والهندسة تشير إلى مجموعة من العلوم المتنوعة التي عادت لا تدخل في الإطار الرباعي القديم. لذلك لم يلتزم الخوارزمي في تصنيفه القسمة الرباعية، ولا كذلك الفارابي الذي جعل العلوم الرياضية سبعة، مضيفا علم المناظر والانتقال والحيل. كذلك لم يلتزم الكندي في ترتيبه للعلوم الرياضية تصنيفا واحدا. فهي تارة علم العدد والتأليف والهندسة والتنجيم، وتارة أخرى، العدد والهندسة والفلك والموسيقي. وأقام بن سنان وحدة الرياضيات على علم التحليل والتركيب، وهو التقليد الذي أرساه طوال القرن العاشر الميلادي وحتى السموأل المغربي الجبري في القرن الثاني عشر الميلادي.

من هنا فقد أسس ابن سنان لتقليد ظل قائماً على مدار القرن العاشر الميلادي وحتى عالم الجبر السموأل بن يحيى بن عباس المغربي (متوفى حوالي سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م) في القرن الثاني عشر الميلادي. وقد مثل كتاب "الباهر" للسموأل الذي حققه رشدي راشد وصلاح أحمد أهمية أساسية في تاريخ الرياضيات وفلسفتها. فهو يشهد على حال الجبر في القرن الثاني عشر الميلادي ويؤسس لدراسة بداية جديدة للجبر في القرن الحادي عشر الميلادي، ويصحح بعض التصورات السائدة في مختلف تواريخ الرياضيات. كذلك أقام ابن الهيثم مشروعه حول التحليل والتركيب على أساس من مرجعية ابن سنان. أشتمل الكتاب الأول من كتاب "الأصول" لأقليدس على معان عدة من المعلومات هي من أدوات التحليل، وأكثر التحليل قائم على تلك المعاني، إلا أنه قد بقيت معان أخرى من المعلومات الضرورية في التحليل ويفتقر إليها في جزئيات عدة مستنبطة بالتحليل لم يتضمنها كتاب أقليدس ولا كشف ابن الهيثم عنها في شيء من كتاب بابوس الاسكندراني "المجموع الرياضي" وكتيب جالينوس المختصر وكتاب برقلس "الشروح على الكتاب الأول من "أصول" أقليدس" وغيرها من الأعمال اليونانية القديمة التي تناولت مشكلة التحليل والتركيب. وبين ابن الهيثم في كتاب أقليدس، "الأصول"، ما يستعمله من المعلومات في أمثلة التحليل من مقالة "التحليل والتركيب" مما سبق أن ورد في بحث ابن سنان حول التحليل والتركيب ومما لم يذكره ابن سنان. ويلخص ابن الهيثم كل واحد من المعاني

المعلومة، ثم يخصص "للأصول" مقالة مفردة ومن بعد فراغه من بحثه في "الأصول" بين فيها مائتيات معاني الرياضيات المعلومة. وفي بحثه عن التحليل والتركيب، تناول ابن سنان المسائل المنطقية الأساسية، مثل مسألة ارتداد التضمين، ومسألة البناءات الوسيطة، في الهندسة، وعلاقتها بالارتداد، وهي مسائل سبق أن وردت عند بابوس. وبعض المسائل الأخرى لم ترد من قبل، مثل نظرية البرهان في نفسها، كما في حال تصنيف القضايا الرياضية، حسب مقياس مزدوج : عدد الفروض وتوافقها، وعدد الحلول، ونوع البرهان الخاص بكل طبقة على حدة. فإذا كان ابن سنان يواجه الهندسة، في مقدمة البحث، فإنه يبحث كذلك في الجبر والتحليل الديوفنطي. ألف الخوارزمي (٢٢٩هـ-٨٤٧م) الكتاب المختصر في الجبر والمقابلة الذي كان جديداً من حيث الموضوع ومن جهة الأسلوب. وحقق رشدي راشد وقدم "ديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة فن صناعة الجبر، ترجمة قسطا بن لوقا" (١٩٧٥) و "الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و "الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و "ديوفنطس: علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و "ديوفنطس: علوم العدد، الكتب ٥ و ٦ و ٧" (١٩٨٤) و "كتاب ديوفنطس الإسكندراني في علم العدد" (١٩٨١). ويتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الإسكندراني مشروع رشدي راشد ويمثل إحدى علامته البارزة والأساسية.

لعب التحليل والتركيب، إذن، دوراً مهماً في مشروع بن سنان الرياضي ومشروعه المنطقي، بنحو خاص. وتمثل مشروع بن سنان الرياضي ومشروعه المنطقي، بنحو خاص، في بعض الملامح الرئيسة. ففي رسالة إبراهيم بن سنان بن ثابت، في وصف المعاني التي استخرجها في الهندسة وعلم النجوم، إشارة إلى أنه ألف في علم النجوم *ASTRONOMIE* ثلاثة كتب. أما أولها فكتاب سماه كتاب "آلات الإطلال"^(٥)، بين فيه موضوع الرخامات كلها. أما ثانيها فكتاب سماه كتاب "في أمر الشمس وحركاته"، صحح فيه موضوع حركات الشمس بالرصد بآلة "الحلقة" *ARMILLE*. أما ثالثها فكتاب فيما كان بطلميوس القلوذي استعمله في استخراج اختلافات زحل والمريخ والمشتري. والقلوذي هو الاسم المستعار لبطلميوس. وقد أشار المسعودي أن بعضهم افترض أنه ابن كلاوديوس، الإمبراطور الروماني أو الثاني، كما ورد في موسوعة الإسلام في مادة بطلميوس. فإن إبراهيم بن سنان بن ثابت أفرد لذلك مقالة تممها في السنة الرابعة والعشرين من عمره وبين أنه لو عدل عن ذلك الطريق إلى غيره لا ستغنى عن التسهيل الذي استعمله وسلك فيه غير سبيل القياس وذكر إبراهيم بن سنان بن ثابت طريقين كان يخلو - لو استعمل أحدهما أيهما اتفق - من ذلك التكرير الذي دعت له الضرورة إليه وتبين ذلك بقضايا هندسية قد برهنها وشرحها في تلك المقالة عن بطلميوس القلوذي.

وقد كان عازماً على الرصد، ودراسة موضوع "حركات الشمس" بخاصة. فقد اختلف في موضوعها المتقدمون والمتأخرون من أصحاب الرياضيات. فلم يستقر موضوع الأصول الموضوع لها إلى ذلك الوقت، لأن من تقدم كان يرى أن عودات الشمس في فلك البروج تتفق مع عوداتها في الفلك الخارج المركز، فإن

البعد الأبعد منه ثابت. ثم ظهرت له حركة في عصر المأمون. وظهر أيضا اختلاف في مقدار القوس التي هي بين الانقلابين ولم يثبت الحكم أحد من المنجمين على الأصول الموجبة لهذه الحركات. وظن أن السبب في تغير القوس التي بين الانقلابين وحركة البعد الأبعد مع طريق واضح لاح له في دراسة حركات الشمس في الفلك الخارج المركز على الصحة. فانتظر أن يرصد فأستشهد بالرصد على ما وقع له بالفكر أن أصول الشمس عليه فحال بينه وبين ذلك ما ذكره بديا ولم يحب أن يذهب ما أتعب فكره فيه ضائعا فلا يكون له بعده حامل. فأثبت في مقالة مستقلة ما قام في نفسه من ذلك وبين فيها أكثر ما أمكن بيانه، وهو كيف يرصد بحلقة نصف النهار فيوقف على حركات الشمس في الفلك الخارج المركز بطرق شرحها هناك، وأن جميع من تقدمه لم يسلك الطريق المستقيم في أمور الشمس، وموضع الخلل فيما عمله واحد منهم، وكيف ينبغي أن يرصد بالرصد، على صحة ما فكر فيه أو بطلانه، ووجوب غيره وتبين ذلك بأشكال هندسية، على بسيط كرة بطرق حسنة جدا. فهذا جميع ما ألفه في موضوع النجوم.

وأما ما ألفه في الهندسة، فأول ذلك ثلاث عشرة مقالة. منها إحدى عشرة مقالة في "الدوائر المتماسة"، بين فيها على أي وجه تتماس الدوائر والخطوط، وتجوز على النقط. وكان غرضه فيها أن يذكر في عدة مسائل كيف ينبغي أن يجرى التحليل والتركيب، وما الذي ينبغي أن يضاف إلى ذلك، كالتقسيم، والاشتراط، وعدد خروج المسألة وأسلوب استخراجها. فإن الإنسان لو قرأ جميع كتب المهندسين، من غير أن يستخرج المسائل بالتحليل، فهو بمنزلة من لم يعرف من الهندسة شيئا. ووجد المهندسين في ذلك العصر قد أغفلوا طريق أبولونيوس في التحليل والتركيب، واقتصروا على التحليل فقط واختصروه حتى أنهم صيروا التحليل إلى أن يظن أنه ليس تحليل التركيب الذي يركبونه وأقبح من هذا الخطأ الذي يعرض لهم في التحليل حتى أن الواحد منهم يحلل غير المسألة التي سئل عنها في بعض الأوقات.

وقد بحث في استيفاء حقوق التحليل والتركيب والاشتراط، وسائر الأعمال في كتاب "الدوائر المتماسة". فانفتحت أشغال لم يمكن معها أن يؤلف الكتاب تأليفا متصلاً. وربما كان يبحث في المسألة ثم يركبها بعد التحليل بمدة طويلة من غير أن يعود فينظر في التحليل، فألف مقالة مستقلة ذكر فيها الوجه في استخراج المسائل الهندسية، بالتحليل والتركيب، وسائر الأعمال الواقعة في المسائل الهندسية، وما يعرض للمهندسين ويقع عليهم من الغلط في الطريق الذي يسلكونه في التحليل إذا اختصروه على حسب ما جرت به عادتهم. فإن المناهج التي تستعمل في كل مسألة ثلاثة :

١- منهج التحليل الصحيح ؛

٢- منهج المهندسين المختصر الذي يقع فيه الخطأ في كثير من الأوقات ؛

٣- منهج "يشبه" منهج المهندسين، يختصر التحليل، ويظن أن التركيب ليس هو عكسه.

وقسم مسائل الهندسة، وبين أصنافها، وما بينها من خلاف، وكيف تعرف في أى صنف منها تدخل مسألة ما، وسبيل أن يستعمل في المسائل الهندسة كافة. وعمل على أن يكون هذا الكتاب مستقلاً في هذا الفن، وأن يكون القارئ لكتابه في "الدوائر المتماثلة" يقرأه بعده، فينظر هل استوفى على نفسه في المسائل التي عملها في "الدوائر المتماثلة" جميع ما وصف، في هذه المقالة، أنه ينبغي أن يستعمل في المسائل الهندسية، أم لا، فيصلح ما لعله وقع له الغلط فيه. مع ذلك يقف الباحث فيه على تصنيف المسائل وتحليلها وتركيبها والاشتراط وعدد خروج المسألة إلى غير ذلك مما كان أبولونيوس يستعمله في كل مسألة توجد له في قطع الخطوط على النسب.

وَألف بعد ذلك مقالة أخرى تتمة ثلاث عشرة مقالة، فيها إحدى وأربعون مسألة هندسية من المسائل الصعبة في الدوائر، والخطوط، والمثلثات، والدوائر المتماثلة. سلك فيها طريق التحليل وحده من غير أن يذكر في ذلك تركيباً إلا في ثلاث مسائل، احتجج إلى تركيبها ولم يستعمل طريق الصواب، ولا الذي يتحرز فيه، فيشبهه طريق المهندسين، ولا غلط فيه، بل جرى على عادة المهندسين من أهل عصره. سلك إذن المناهج الثلاثة :

١- الصواب في كتاب "التحليل والتركيب"^(٦)؛

٢- طريق يشاكل منهج المهندسين التي تحرز فيه، في كتاب "الدوائر المتماثلة"؛

طريق المهندسين، في هذا الكتاب، ليدرس الباحثون الفرق بين هذه الطرق، وأولية بعضها على بعض، وليتدرج الباحث من كتاب "الدوائر المتماثلة"، الذي فيه مسائل أكثرها سهل، إلى الكتاب الذي فيه رسم التحليل والتركيب وغيره ثم إلى هذه المسائل الصعبة، المختصرة التحليل ليقسمها هو، ويستوفى فيها حق التحليل بعد القسمة ويركبها ويشترط. فإن الباحث، قبل وقوفه على الأصعب المختصر، يحتاج أن يقف على الأسهل المشروح. وسمى هذه المقالة باسم "المسائل المختارة"^(٧) إلا أنه لم يظهر هذه المقالة الثالثة عشرة لأشياء، منها أن فيها مسائل استخرجها غيره، وقد حكى استخراجها، ثم استخرجها واتفق أن طريقه، في أكثرها، أقرب وأسهل، فتخوف أن يظن أن من استخرجها قبله أراد مباهاته، أو تبين الزيادة عليه.

وَألف كتاباً في "مساحة القطع المكافئ"، وكان جده، الحسن ابن موسى، قد استخرج مساحة القطع المكافئ. فعرفه بعض أهل العصر من المهندسين أن للماهاني في ذلك عملاً أوقفه عليه أسهل من عمل جدي فلم يحب أن يكون للماهاني عمل تقدم على عمل جده ولا يوجد فيهم من يزيد عليه فيما عمله وكان جده استخرج ذلك

في عشرين شكلاً، وقدم له مقدمات عديدة كثيرة من جملة العشرين شكلاً وتبين له أمر مساحة القطع بطريق الخلف. وقدم أيضاً الماهاني مقدمات عديدة لما بينه ثم برهن بطريق الخلف ما أراده في خمسة أشكال أو ستة فيها طول فاستخرج بن سنان ذلك في ثلاثة أشكال هندسية لم يقدم لها مقدمة عديدة، وبين مساحة القطع نفسه بطريق البرهان المستقيم ولم يسلك طريق الخلف. وألف من جهة أخرى، بحثاً في "رسم القطوع الثلاثة"^(٨) وذلك أنه ليس آله تخط بها قُطوع المخروط فبين كيف توجد نقط كثيرة بأي عدد شئنا تكون على أي قطع أردنا من قُطوع المخروط.

لعب التحليل والتركيب، إذن، دوراً مهماً في تاريخ الرياضيات وتاريخ المنطق على السواء. وقد ورد التحليل والتركيب في نص بابوس المختصر عن "المجموع الرياضي"، وفي بعض فقرات كتاب برقلس "شروح على الكتاب الأول من "الأصول" لأقليدس"، وفي بعض سطور جالينوس. ولعب التحليل والتركيب دوراً مهماً في تاريخ الرياضيات وتاريخ المنطق حتى القرن التاسع عشر الميلادي. وهي الفترة المقرونة بالدور الذي لعبه التحليل والتركيب. أما الدور الذي لعبه التحليل والتركيب في تاريخ الرياضيات وتاريخ المنطق في القرن العاشر الميلادي، فهي الفترة التي كشف عنها رشدي راشد. أما الفترة المعروفة في أهميتها، فهي تلك الممتدة خلال القرن السابع عشر الميلادي، في حين أن الفترة الغير المعروفة في أهميتها، فهي تلك الممتدة خلال القرن العاشر الميلادي. فقد بحث في التحليل والتركيب الفلاسفة أمثال الفارابي، وبحث فيه علماء الرياضيات في بغداد أمثال ابن سنان في "مقالة في طريق التحليل والتركيب في المسائل الهندسية". وإن كان البحث في طريق التحليل والتركيب في المسائل الهندسية جزءاً لا ينفصل عن ممارسة الرياضيين لعلمهم، فإن قلة نادرة منهم هي التي خصصت له حيزاً متميزاً للبحث النظري.

ومثل بحث ابن سنان في طريق التحليل والتركيب في المسائل الهندسية النص المتكامل الأول في اللغة العربية، عن طريق التحليل والتركيب في المسائل الهندسية، يكتبه عالم رياضيات ويصدر عن ممارسته العملية في الهندسة. فموضوع مقالة ابن سنان ليس الرياضيات كلها إنما الهندسة وحدها. مع ذلك فوحدة الرياضيات التي يريد أن يقيمها من خلال إجراءات التحليل والتركيب، ومن خلال الاستدلالات المستعملة، تتجاوز حدود الهندسة. فالعلم الذي يؤسس للمنهج، أعنى التحليل والتركيب، وهو العلم المشترك، إنما هو نوع من المنطق الذي يقرن فن الاختراع بفن البرهان. ويمثل إسهام ابن سنان إسهاماً خاصاً، لأنه أول كتابة كاملة ومتكاملة حول ذلك النوع من المنطق الفلسفي للرياضيات. ورد ابن سنان المشكلة الأساسية لوحدة الهندسة لذلك العلم المنطقي-الفلسفي الذي يتعلق بالتحليل والتركيب.

حدد بن سنان مشروعه على النحو التالى : "إنى وجدت أكثر رسم طريقاً للمتعلمين فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمر المحتاج إليه فى ذلك، ولم يأت بجميعه، لا، كل واحد منهم كان يخاطب من قد أمعن فى الهندسة وارتاض فى استخراج مسائلها وبقيت عليه بقايا، فكان يقصد لإيقافه عليها وإرشاده إليها فقط. فرسمت فى هذا الكتاب طريقاً للمتعلمين، يشتمل على جميع ما يحتاج إليه فى استخراج المسائل الهندسية على التمام. وبينت فيه أقسام المسائل الهندسية بقول مجمل، ثم قسمت الأقسام، وأوضحت كل قسم منها بمثال، ثم أرشدت المتعلم إلى الطريق الذى يعرف به فى أى قسم منها يدخل ما يلقي عليه من المسائل، ومع ذلك كيف الوجه فى تحليل المسائل -وما يحتاج إليه فى التحليل من التقسيم والاشتراط- والوجه فى تركيبها -وما يحتاج إليه من الاشتراط فيه-، ثم ككيف يعلم هل المسألة مما يخرج مرة واحدة أو مراراً، وبالجمله سائر ما يحتاج إليه فى هذا الباب. وأومات إلى ما يقع للمهندسين من الغلط فى التحليل باستعمالهم عادة قد جرت لهم فى الاختصار المسرف. وذكرت أيضاً لآى سبب يقع للمهندسين، فى ظاهر الأشكال والمسائل، خلاف بين التحليل والتركيب، وبينت أنه ليس بخالف تحليلهم التركيب إلا فى باب الاختصار، وأنهم لووفوا التحليل حقه، لساوى التركيب، وزال الشك عن قلب من يظن بهم أنهم يأتون فى التركيب بأشياء لم يكن لها ذكر فى التحليل من قبل: ما يرى فى تركيبهم من الخطوط والسطوح وغيرها مما لم يكن له ذكر فى التحليل. وبينت ذلك، وأوضحته بالأمثلة. وأتيت بطريق يكون التحليل فيه على جهة يوافق التركيب، وحذرت من الأشياء التى يتسمح بها المهندسون فى التحليل، وبينت ما يلحق من الغلط إذا تسمع بها." (٩)

فى ضوء ذلك، كان مشروع بن سنان هو تصنيف المسائل الهندسية وفقاً لمعايير مختلفة (عدد الشروط، عدد الحلول...)، وبيان أسلوب الإجراء التحليلى والتركيبى، فى كل مقولة على حدة، وبيان مواضع الخطأ وأسلوب اجتنابها. هو إذن مشروع ومنطق عملي، حيث يحتل مبدأ عدم التعاكس موقعا مهما. أراد ابن سنان، فى بحثه عن التحليل والتركيب، أن يرسم منهجا، يشتمل على المسائل الهندسية بوجه عام من دون البحث فى البرهان. وهو المنهج المغاير تماما لمنهج ابن الهيثم بعد ذلك. فغاية الرياضيات هى استخراج المجهولات من جزئياتها وتدل البراهين على حقائق معانيها. والذروة فى طلبها الظفر بالبراهين التى تستنبط بها مجهولاتها. والبرهان هو القياس الذى يدل على صحة نتيجته. وهذا القياس يتركب من مقدمات يعترف الفهم بصدقها، ومن نظام وترتيب لهذه المقدمات يجبر سامعه على تيقن لوازمها. واختلف مشروع بن سنان كذلك عن مشروع السجزي، كما عرضنا له فى هذا الفصل نفسه. ففى ضوء ثابت بن قرة وابن سنان، بحث السجزي فى مسألة الكشف فى الهندسة، وحلها حلا تحليليا وتركيبيا.

إذن ينطبق منهج التحليل والتركيب لدى ابن سنان، كما ورد فى بحثه، على حل المسائل وليس على برهان المبرهنات *THEOREMES*. ومن الصعب التفريق تماما بين البرهان على المبرهنات وحل المسائل. فقد

نصوغ الخاصية نفسها في شكل المبرهنة أو في شكل لازمة (*porisme* أو *corollaire* أو *corollary*) أوفى شكل مسألة. وما نعينه اليوم باسم "اللازمة" هو ما كان اليونان يسمونه باسم "*Porisme*"، وهي حقيقة تنتج فوراً وبسهولة من نظرية أو حقيقة أخرى. وهي نتيجة تظهر عَرَضياً في أثناء البرهان على القضية الرئيسية موضع البحث، وهي نوع من النتائج العَرَضية من نتائج البرهان، كما أورد برقليس، في " شرحه على أفليدس" (ج ١). واسم اللازمة هو كذلك نوع متميز من القضايا الرئيسية. أفرد أفليدس عملاً مستقلاً عن كتاب "الأصول"، للبحث في "اللازمة"، كما أورد بابوس.

وتطور مصطلح "المسألة" في التاريخ ومن رياضى إلى آخر. وقد تطور هذا المصطلح في القرن العاشر الميلادى تطوراً بارزاً. لم يفرق ابن سنان تفريقاً قاطعاً بين المبرهنات والمسائل. وهذا الإمتناع بحاجة إلى مناقشة. أليس "الشكل"، كما كان معروفاً في القرنين التاسع الميلادي، والعاشر الميلادي، هو الذى يفهم اليوم بمعنى المبرهنات ؟ أى إذا أعطى كذا وكذا نحصل على كذا وكذا؟ يضرب ابن سنان أربعة أمثلة، إثنين منها لبيان مسألتين وإثنين آخرين لبيان برهانين. المسألتان هما :

كيف تعمل *CONSTRUIRE* مثلثا (الموضوع) مساويا لمثلث معلوم (كما عرض له ثاوذوسيوس في كتابه عن "الأكر") ويكون شبيهاً بمثلث معلوم (خاصية الموضوع) ؟^(١٠) هذا المثال هو حالة خاصة من حالات وردت بكتاب "الأصول" لأفليدس، ٦، ٢٥ ؛

١/أ- إذا كان مثلث (الموضوع) معلوم شبيهاً بمثلث معلوم (الخاصية نفسها)، كيف تعلم *CONNAITRE* أضلاع المثلث؟^(١١) إن الفرق بين المسألتين هو الفرق بين العمل والمعرفة.

ينهض البرهانان على ما يلى :

كيف تبين *DEMONTRER* أن كل خطين يتقاطعان في دائرة ينقسمان بأقسام تحيط بسطوح متساوية ؟^(١٢)

كيف نبين أن كل مثلث متساوى الأضلاع فالأعمدة الثلاثة التى تخرج من نقطة في داخله مثل عمود من أعمدته ؟^(١٣)

وقسم ابن سنان أقسام بحثه في المسائل الهندسية تقسيماً مجملًا، ثم قسم الأقسام، وأوضح كل قسم منها بمثال، ثم أرشد الدارس إلى منهج الجواب على الأسئلة التالية : في أى قسم منها يدخل ما يلقي عليه من

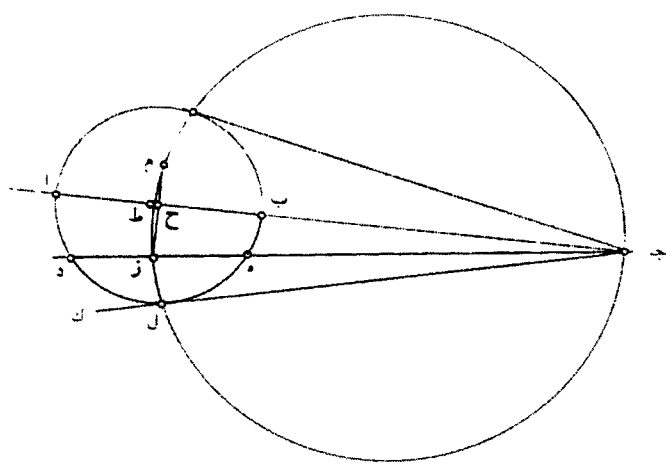
المسائل؟ كيف بالإمكان تحليل المسائل ؟ ما مقتضيات التحليل فى التقسيم والاشتراط؟ ماً طريق تركيبها ؟ ما مقتضيات الاشتراط فيه؟ كيف يعلم هل المسألة مما يخرج مرة واحدة أو مراراً ؟

وأشار إلى ما يقع للمهندسين من الخطأ فى التحليل والتركيب. وذكر لأى سبب يقع للمهندسين، فى ظاهر الأشكال والمسائل، تناقض بين التحليل والتركيب، وبين أنه ليس يخالف تحليلهم التركيب، وأنهم لووفوا التحليل حقه، لساوى التركيب. يُذَكِّرُ التركيبُ بأشياء واردة فى التحليل من قبل. وبين ذلك، وأوضحه بالأمثلة. وأتى بطريق يكون التحليل فيه على جهة يوافق التركيب.

١-١-١- مجال تطبيق التحليل الهندسي

إن مجال تطبيق التحليل الهندسى عند ابن سنان هو مجال استخراج المسائل وليس مجال البرهان على المبرهنات الهندسية. لذلك أراد ابن سنان أن يبين أن أكثر من حدد منهاجاً فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمر الضرورى فى استخراج المسائل الهندسية، ولم يأت بالمسائل الهندسية كافة.

إن حل مسألة من المسائل إذن هو عند ابن سنان بيان أن هناك موضوعاً M يحقق خاصية أو خواص P أى إن حل مسألة من المسائل هو البرهان على القضية الوجودية. وهى مسألة صيغة وجود الموضوعات الرياضية وطبيعتها. ومسألة وجود الموضوعات الرياضية هذه صارت مسألة مهمة عند خلفاء ابن سنان، أمثال القوهى وابن الهيثم. ومسألة وجود الموضوعات الرياضية هذه قادت خلفاء ابن سنان، أمثال القوهى وابن الهيثم، وغيرهما من علماء الرياضيات، إلى التفريق تماماً بين الوجود والعمل، بين الكيان والبناء. فى التحليلات والتركيبات التقليدية التى يعرض لها ابن سنان أول الأمر وقبل أن يقدم بديله، تنقسم مسألة صيغة وجود الموضوعات الرياضية وطبيعتها إلى قسمين : إذا بينا فى التحليل وتوصلنا بنظريات كتاب "المعلومات" لأقليدس، أو بالقضايا المشابهة، أن الموضوع المبحوث "معطى" أو "معلوم"، فى التركيب، نعمل بالمسطرة والبرجل، هذا الموضوع، علماً بأن العمل بالمسطرة والبرجل، عند ابن سنان، هو مقياس الوجود بامتياز. والمسائل كلها التى أوردها ابن سنان فى بحثه تقبل البناء أو العمل بالمسطرة والبرجل. والمسائل كلها التى أوردها ابن سنان فى بحثه هي، فى الاصطلاح اليوناني-الهلمستي، مسائل "مستوية" $PLANS$ ". وهذه إحدى الكلمات الأساسية التى لا تعرف فى الرياضيات الاستنتاجية، وهى النقطة والخط والسطح. ويكون السطح مستوياً إذا كان المستقيم الواصل بين أى نقطتين فيه يقع بتمامه على هذا السطح. بعبارة أخرى، المسائل كلها التى أوردها ابن سنان فى كتابه هي، مسائل تقبل الحل من خلال المعادلات التربيعية، وهى المعادلات من الدرجة الثانية، وهى معادلات فى متغير واحد من الدرجة الثانية، وصورتها العامة هي : $أس + ب س + ج = صفرأ$.



١-٢-١- تصنيف المسائل

يقسم ابن سنان المسائل قسمين كبيرين ينقسم كل منهما إلى أقسام :

أ- المسائل المستوفاة الشروط :

هى المسائل المتناهية الحلول أو المسائل من دون حلول. المسائل مستوفاة الشروط والفروض ولا تحتاج فى أن تخرج المسألة منها أولاً تخرج إلى زيادة فى الشروط والفروض ولا نقصان ولا تغيير.

أ-١- المسائل الصحيحة والحلول المحددة

تخرج كيف صرفت أحواله خروجًا محدودًا. والسؤال الذى يطرحه ابن سنان هو: كيف نقسم خطأ مفروضاً على نسبة معلومة؟^(١٤) (مثال: ٤/١).

أ-٢- المسائل المستحيلة أو الحلول الممتنعة

هى المسائل التى نبرهن فيها أنه لا يوجد موضوع يتمتع بالخاصية أو بالخواص المرغوبة P أو هى المسائل التى نبرهن فيها أنه لجميع الموضوعات $M \cdot P(M)$ هى خطأ، وهى ليست مسائل لا تقبل البرهان بمعنى أنها لا تقبل الحل. ومثال^(١٥) : ٦ : كيف نخرج من نقطة خارج دائرة خطأ يقطعها، وإذا أضعفت الزاوية التى بين القطر الذى يمر بتلك النقطة وبين الخط الخارج، كانت أقل من الزاوية التى يحيط بها الخط المماس للدائرة مع ذلك القطر، وإذا قسم الخط الذى يقع فى الدائرة من الخط الخارج من تلك النقطة بنصفين، وأخرج من نصفه عمود على ذلك القطر كان مساوياً لخط معلوم، هو ربع القطر^(١٦).

فإن هذه مسألة مستحيلة.

وإنما قال ابن سنان فى المسائل التى تدخل فى قسم المسائل المستحيلة إنها مسائل مستوفاة الشروط كاف وحده فى ألا تخرج المسألة وليس يحتاج إلى زيادة ولا نقصان حتى تصبح المسألة مما لا يخرج. ووقع تصنيف المسائل المستحيلة ضمن المسائل مستوفاة الشروط والفروض والتى لا تحتاج فى أن تخرج المسألة منها أولاً تخرج إلى زيادة فى الشروط والفروض ولا نقصان ولا تغيير. ومثل ذلك تصورا جديدا ونظرية وجودية جديدة فى ذلك الوقت من تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. فقد بدأ علماء الرياضيات فى اللغة

العربية، في ذلك الوقت ضد التحليل الديوفنطي نفسه، التفكير في صياغة نظرية موجبة للمستحيل. صار المستحيل، في أفق التصور الوجودي الجديد المغاير "لديوفنطس الإسكندراني، وتصوره للجبر، "شيئاً"، كما سنبين ذلك بالتفصيل في الفصل الثاني من هذا الباب، عند الكلام على العلاقة بين الرياضيات والفلسفة لدى الفلاسفة.

ب - المسائل التي تحتاج إلى تغيير بعض فروضها

فأما المسائل التي هي بزيادة شروط لا تخرج، فإنما يكون نعتها هذا النعت، يعنى ابن سنان أنها لا تخرج إلا بشرط السؤال. وهو لا يخرج جزءاً. لأن شروطه ليست كافية بعد. لأنه لم يوجد فيها الشيء الذى بسببه لا تخرج، وتحتاج إلى أن تصير بهذه الحال إلى زيادة وتغيير ما. إذا كان السؤال مبهماً، فيمكن أن تخرج وألا تخرج. فأما إذا كان السؤال خاصاً بأن يضاف إليه الشيء الذى به تخرج المسألة، فإن المسألة تصح بوجه مطلق، وإن خصصت بالتصريح فى السؤال بما به لا تخرج المسألة، جرت مجرى المسائل المستحيلة. ومنها المسائل التي تحتاج إلى تغيير فروضها، بزيادة فرض لم يكن فى السؤال، أو نقصان شرط، وهي ثلاثة أصناف:

ب - ١ - مسائل محدودة DIORISME

إنها المسائل التي تقضى بإدخال شرط إضافي يقال إنه شرط "استثنائي" أو شرط "التحديد" *DIORISME*. من المسائل المحدودة : نريد أن نعمل *CONSTRUIRE* مثلثاً مساوية أضلاعه لثلاثة خطوط معلومة، كل واحد منها لواحد (مثال ٩)^(١٧). وهو مثال أقليدس التقليدي الوارد في كتابه "الأصول"، ١، ٢٢، والذي استعاده ابن الهيثم بعد ذلك في كلامه على تصور المحدود في جزئيات الهندسة قائلاً : " نريد أن نعمل من ثلاثة خطوط مفروضة مثلثاً، فإن لم نشرط فى الخطوط أن يكون كل اثنين منها أعظم من الثالث، لم يمكن أن نعمل من الخطوط الثلاثة مثلثاً. "

كان الرياضيون الهيلينستيون بعامة، وبرقلس بخاصة، يفرقون بين شرط الاستثناء كشرط ضروري لوجود الحلول، وبين شرط الاستثناء كتحديد الموضوع المبحوث. تقضى المسائل من هذا النوع إذن بوجود استثناء أو شرط إمكان الحل، أى إيجاد، فى المثال سالف الذكر، فى الخطوط كل اثنين منها أعظم من الخط الثالث. ومثلت مسائل بشرط السؤال *DIORISME* نوعاً مهماً من المسائل فى القرن العاشر الميلادي. فبعض معادلات الدرجة الثانية التي حلها معاصرو ابن سنان، يمثل جزءاً من هذا النوع من المسائل. فالمعادلة الخامسة الصحيحة عند الخوارزمي تمثل جزءاً من هذا النوع من المسائل : " وأما الأموال والعدد التي تعدل

الجذور فنحو قولك مال واحد وعشرون درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجزار ومعناه أى مال إذا زدت عليه واحد وعشرين درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجزار ذلك المال. فبابه أن تتصف الأجزاء فتكون خمسة فاضربها فى مثلها تكون خمسة وعشرين فأنقص منها الواحد والعشرين التى ذكر أنها من المال فيبقى أربعة فخذ جذرها وهو اثنان فانقصه من نصف الجذر وهو خمسة فيبقى ثلاثة وهو جذر لمال الذى تريده والمال تسعة. وان شئت فزد الجذر على نصف الأجزاء فتكون سبعة وهو جذر المال الذى تريده والمال تسعة وأربعون. فإذا وردت عليك مسألة تخرجك إلى هذا الباب فامتحن صوابها بالزيادة فان لم تكن فهي بالنقصان لا محالة وهذا الباب يعمل بالزيادة والنقصان جميعا وليس ذلك فى غيره من الأبواب الثلاثة التى تحتاج فيها إلى تتصف الأجزاء. (١٨)

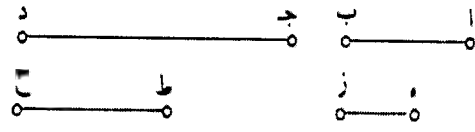
ب-٢- المسائل السيالة INDETERMINES، ولها قسمان:

ب-٢-١- المسائل السيالة INDETERMINES، حصراً

فإن تحليل الأمثلة ٧، ٤، ١٢ يوقف الباحث على المسألة السيالة، وذلك أنه ليس ينتهى بك إلى شيء معلوم، بوجه ولا سبب، وإنما ينتهى إلى أشياء لا تحصى. مثال ٧ : خطا أ ب ج د متوازيان، وقد وصلنا أ ج إلى نقطة هـ ز إلى زح كنسبة هـ ا إلى اجـ؛ (١٩)

- نريد أن نجد خطين نسبة أحدهما إلى

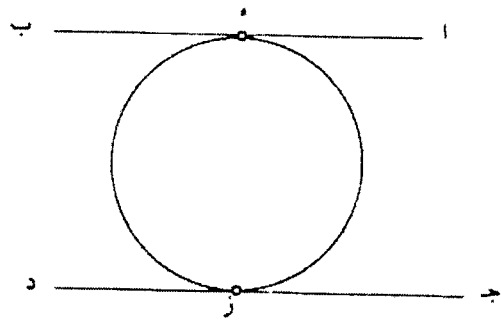
الأخر معلومة (مثال ٤)؛ (٢٠)



- نريد أن نجعل بين خطين

متوازيين دائرة تماس ذينك الخطين وتكون

مثل دائرة مفروضة (١٢). (٢١)



وتختلف درجة السيوالة فى المسألة من

مثال لآخر. فى المثال ٧، تخرج المسائل

خروجاً لا يلزم منه أن يكون شيء معلوم

القدر والوضع والشبه، يعنى الصورة أو غير

ذلك من أصناف التحديد، بلا اشتراط ولا

استثناء؛ ومتى أصلح السؤال، ورد ما نقصه

إلى موضعه، صارت المسألة من المسائل

الصحيحة التي ذكرها ابن سنان من قبل. في المثال ٤، فإن المسألة سيالة، إلى أن تقول ويكون مجموعها معلوماً، فتكون من المسائل الصحيحة.

ب-٢-٢- المسائل السيالة INDETERMINES المحدودة

وهو القسم الآخر من المسائل السيالة. وهو ما كان من المسائل محتاجاً إلى ذكر شيء آخر. مثال ١٢ : يضع خطى أ ب ج د المتوازيين ودائرة ح، ونريد أن نعمل دائرة تماسهما، وتكون مثل دائرة ح. (٢٢) فنزل على سبيل التحليل أن ذلك قد وقع وأن الدائرة هـ ز؛ فإن وصل بين تماسيهما بخط، كان قطرًا، كما تبين في كتابه في "الدوائر المتماسّة" وكان مثل قطر دائرة ح المعلوم فإذاً خط هـ ز معلوم، وهو عمود على كل واحد من خطى أ ب ج د لأنه قطر في طرفه خط مماس، فإذاً خط هـ ز هو مثل العمود الخارج بين خطى أ ب ج د؛ فلم يؤد هذا إلى شيء معلوم الوضع والقدر، وذلك أنك لو رسمت دوائر بلا نهاية بين هذين الخطين، لكانت هذه حالها؛ وبين أنه قد أوجب التحليل شريطة، وهي أن يكون العمود الذي بين الخطين المتوازيين مثل قطر الدائرة المفروضة، يعني ح.

مثال ٨ : دائرة أ ب مفروضة، وخط ج د هـ، حتى يكون ضرب هـ ج في ج د معلوماً، يعني مثل سطح معلوم؟ (٢٣) فإن ذلك المثال مما يحتاج أن يقال فيه : على أن يكون ذلك السطح المعلوم مثل مربع جـ أ. وهو القسم الآخر من المسائل السيالة، وهو ما كان من المسائل محتاجاً في أن يصير في القسم الذي ذكره ابن سنان سلفاً من قسمي المسائل السيالة، إلى ذكر شيء آخر.

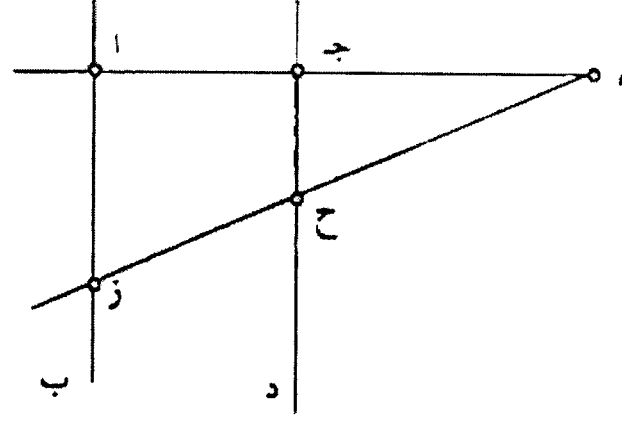
ويبدو بالنسبة إلى ابن سنان أن "المسائل السيالة" تحيل إلى مجال غير مجال الهندسة. لكن هذا الاصطلاح ظهر عند أبي كامل (٢٣٦-٣١٨هـ / ٨٥٠-٩٣٠م)، وشهرته "الحاسب المصري"، ويعرف باسم "أبي كامل المصري" أحياناً، وأيضاً "بشجاع بن أسلم"، وهو رياضي اشتهر في القرن الثالث الهجري / التاسع الميلادي، وكان أحد الرياضيين الذين ما انفكوا منذ عهد الخوارزمي يستحذون على النظام الحسابي الغير اليوناني، ليطوروا الحساب الجبري، ونظرية المعادلات، والتحليل السيل، وذلك قبل ترجمة حساب ديوفنطس. وظهر مصطلح "المسائل السيالة" بوجه عام في النصف الثاني من القرن التاسع الميلادي، وفي مجال محدد تماماً في علوم الرياضيات العربية، هو مجال التحليل الديوفنطي السيل. وهو الأمر الذي لم يكن بإمكان ابن سنان أن يجهله، بل أراد أن يؤسس، من خلال تصنيفه للمسائل، لمجال التحليل الديوفنطي السيل. إن الجبر الذي طوره الرياضيون بعد قرن ونصف القرن تقريباً من الخوارزمي قد تحول بفضل الحسبة. فالحسبة هي ما قام بها الكرجي والسهروردي والسؤال بوصفها نقلاً لعمليات الحساب الأولية وخوارزمية القسمة الإقليدية أو استخراج الجذر وتمديد ذلك إلى العبارات الجبرية وبخاصة إلى متعدّدات الحدود. وجرت العادة في لبنان

بنحو خاص على استعمال متعددات الحدود لا كثيرات الحدود، وهو الاستعمال الأدق، لأن المتعدد هو غير الكثير.

وبفضل حسنة الجبر هذه تمكن الرياضيون ما بين القرنين العاشر والثاني عشر من إنشاء جبر متعددات الحدود والوصول إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. أو بعبارة أخرى، لنقل بأن هؤلاء الرياضيين عملوا بطريقة تجريبية للوصول إلى توسيعات جبرية منتهية لحقل الأعداد المنطقية. ومنذ ذلك الحين انتظم التحليل السيل كجزء لا يتجزأ من الجبر العربى قبل ترجمة حسابيات ديوفنطس بزمان بعيد.

ب-٣- المسائل التى تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض

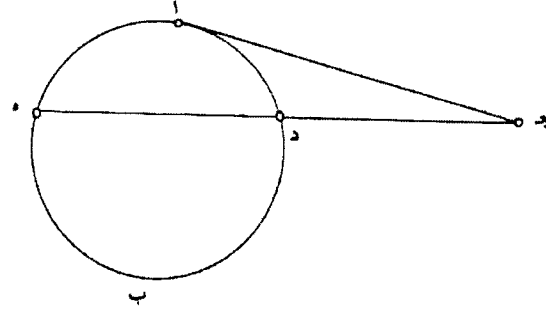
وهى المسائل التى تختص بأن جزءاً من فروضها يكفى التحليل لتحديد الموضوع أو الموضوعات المبحوثة (عددتها المتناهي أو اللامتناهي وربما المحدود)، وأما الفروض المتبقية فهى إما تشبع موضوعاً أو الموضوعات المحددة. وقد وردت المسائل التى تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض لدى بيار فرما فى القرن السابع عشر الميلادى باللغة نفسها تقريباً. وإذا كان من السهل للجبرى أن يحدد طبيعة هذه المسائل



التي تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض، أى المسائل التى تحتوى على معادلات أكثر من كونها تحتوى على معلومات، فإن الأمر يختلف فى الهندسة.

ب-٣-١- المسائل السائلة المضاف إليها شرط

مثال : (٧/ ب)، فى الخطين
المتوازيين اللذين رسمهما : نريد أن نخرج من خطأ ينقسم بتلك النسبة السابقة، ومع ذلك يفصل خطين كخطى جـ ح ز ا، تكون نسبة ز ا إلى جـ ح كنسبة هـ جـ إلى جـ ا. (٢٤)



وهي من المسائل التي، إذا أسقطت الزيادة من فروضها، رجعت إلى المسائل السيالة. وأورد المثال $\frac{1}{8}^{(20)}$: في الدائرة التي سبق أن افترضها ابن سنان في المثال (٧/ب)^(٢٦)، في الخطين المتوازيين اللذين رسمهما : نريد أن نخرج من خطأ ينقسم بتلك النسبة التي قلنا، ومع ذلك يفصل خطين كخطي جـ ح ز ا، تكون نسبة ز ا إلى جـ ح كنسبة هـ جـ إلى جـ ا، نريد أن نخرج من نقطة جـ خطأ يقطع الدائرة حتى يكون ضرب جـ هـ في جـ د مثل سطح معلوم، على أن يكون القطر ا ب، ويكون د هـ ضعف ا ب.

ب-٣-٢- المسائل المحدودة بشرط

مثال (٩/أ)^(٢٧) : نريد أن نعمل مثلًا تكون أضلاعه مساوية لثلاثة خطوط مفروضة، في دائرة معلومة. فإن هذه الزيادة، إذا أسقطت، رجع السؤال إلى القسم الأوسط من المسائل التي تحتاج إلى تغيير. إذا نقصت الزيادة منه، رجعت إلى المسائل التي تحتاج إلى اشتراط، وهو القسم الأوسط من المسائل التي تحتاج إلى تغيير.

ب-٣-٣- المسائل الصحيحة الزائدة

فأما ما يصير مع الزيادة سيالاً، فلا خلاف بينه وبين السيال سالف الذكر فجعله ابن سنان قسمين. وما يزداد على السيال، إذا صير المسألة إما صحيحة وإما باطلة أو غير ذلك، فهو من جنس سائر المسائل.

- وجهات الفروض الزائدة :

- الفروض الزائدة المستحيلة

ومنها ما يرجع، إذا نقصت الزيادة في الفروض، إلى المسائل التي هي صحيحة، وهي التي ذكرها ابن سنان من قبل، كقولك : نريد أن نقسم خطأ معلوماً بقسمين تكون نسبة أحدهما إلى الآخر معلومة، وضرب أحدهما في الآخر معلوماً. فإننا إذا أسقطنا "ضرب أحدهما في الآخر معلوم"، كانت المسألة من المسائل الصحيحة التي ذكرها ابن سنان بدياً. وليس هذا قسماً آخر من الصنف الثالث، وهو المسائل المستحيلة، يعنى التي ذكرها ابن سنان بدياً وتقضى بتعيين شرط آخر؛ فإنه إذا زيد ذلك الشرط كانت في الزيادة مستحيلة كما كانت قبل الزيادة. نريد أن نقسم الخط بقسمين، نسبة أحدهما إلى الآخر معلومة، وضرب أحدهما في الآخر مثل مربع الخط كله.

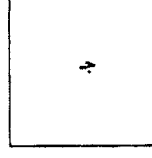
- الفروض الزائدة الممكنة الغير المحدودة

إن الزيادة الغير المحتاجة إلى شرط، لكن اجتماعها مع شروط المسألة قد يجوز أن يتفق، إلا أنه ليس من اضطرار. وليس كل زيادة في السؤال تجعل المسألة بعد الزيادة محالاً : فإن الزيادة في المسألة السيالة، إذا

جرت على الصواب، كانت مما يصحح المسألة أو مما يقربها من الصحة، ومتى لم تجر على الصواب، كانت تجرى مجرى ما قد شرحه في ذلك القسم من المسائل التي تحتاج إلى تغيير.

– الفروض الزائدة الممكنة بشرط

بـ



مثال ٥ : نريد أن نقسم خطاً
بقسمين تكون نسبة أحدهما إلى الآخر
معلومة، على أن يكون ضرب
أحدهما في الآخر مثل سطح
معلوم^(٢٨).

فإن ذلك السطح قد يمكن أن يكون مثل السطح الذي يحيط به قسما الخط، إن اتفق ذلك، ويمكن ألا يكون، لأن مساواة السطح لضرب القسمين، أحدهما في الآخر، ليس هو من الأشياء الداخلة في المسألة، وإنما هو زائد؛ والشرط الذي تحتاج إليه الزيادة، هو أن يكون السطح ليس بأعظم من ربع مربع الخط.

– الفروض الزائدة الواجبة

إن الزيادة الغير المحتاجة إلى شرط، لكن اجتماعها مع شروط المسألة قد يجوز أن يتفق من اضطرار. لكن ابن سنان لا يحدد على وجه الدقة مدلول القضايا الواجبة كما لا يضرب مثالا دالا على ما يوحى به.

فهذه هي أقسام المسائل الهندسية كلها التي استقصاها ابن سنان، واستعادها ابن الهيثم بعد ذلك في بحثه عن التحليل والتركيب، كما اقتبس بعضاً من أمثلة ابن سنان. انقسم القسم العملي في الرياضيات، عند ابن الهيثم، إلى قسمين : محدود وغير محدود. في جزئيات علم العدد، نريد أن نقسم، تمثيلاً لا حصراً، عددين معلومين بنسبتين معلومتين، فإن لم يشرط أن تكون إحدى النسبتين أعظم من نسبة أحد العددين المقسومين إلى الآخر، وتكون النسبة الأخرى أصغر من نسبة العددين المقسومين أحدهما إلى الآخر، لم يمكن أن يقسم ذينك العددين على تينك النسبتين، وهذا الشرط يسمى تحديداً. ومثل قولنا : نريد أن نجد أعظم عدد يعد عددين معلومين، فإن لم يشرط في العددين أنهما مشتركان، لم يمكن أن يوجد عدد يعددهما، وهذا الشرط هو التحديد. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً ثالثاً مناسباً لعددين معلومين، فإن لم يشرط في العددين أنهما مشتركان لم يمكن وجود عدد ثالث مناسب للعددين.

فأما المحدود في جزئيات الهندسة فمثل قولنا : نريد أن نعمل من ثلاثة خطوط مفروضة مثلثاً، فإن لم نشط في الخطوط أن يكون كل اثنين منها أعظم من الثالث، لم يمكن أن نعمل من الخطوط الثلاثة مثلثاً. ومثل قولنا : نريد أن نخرج في دائرة معلومة وترأ مساوياً لخط معلوم، فإن لم نشط في الخط أنه ليس بأعظم من قطر تلك الدائرة، لم يمكن إخراج الوتر فيها. ومثل قولنا : نريد أن نخرج من نقطة معلومة إلى خط مستقيم معلوم خطاً يكون عموداً عليه، فإن لم نشط في الخط أنه غير متناه، فربما لم يمكن ذلك فيه. فهذه الشروط الثلاثة هي تحديد هذه الأشكال الثلاثة.

فأما علم الهيئة وعلم الموسيقى فليس فيهما تحديد، لأنه ليس فيهما معان عملية إلا في براهينهما ومقاييسهما وجميع ما في تلك الأعمال فهي عددية أو هندسية.

فأما القسم المحدود السيل من جزئيات علم العدد، فمثل قولنا : نريد أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مربعاً، وهذا القول يكون له عدة أجوبة، أى أنه بالإمكان قيام مربعات كثيرة بلا نهاية يكون كائنين منهما مجموعهما مربع. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً فيه أجزاء مفروضة، وقد توجد أعداد كثيرة بلا نهاية كل واحد منها له تلك الأجزاء بعينها.

فهذه هي بعض أقسام الرياضيات العملية التي استقصاها ابن الهيثم من بعد ابن سنان في بحثه عن التحليل والتركيب. انقسم القسم العملي في الرياضيات، عند ابن الهيثم، إلى قسمين من دون الإشارة إلى فكرة المسائل التي كانت عند ابن سنان. ومهد ابن سنان لصياغة تصنيف القضايا في سياق بحثه في المسائل الزائدة على النحو التالي :

١- القضايا الواجبة؛

٢- القضايا الممكنة المحدودة والغير المحدودة؛

٣- القضايا المستحيلة.

وهو التصنيف الذي استوحاه السموأل بن يحيى بن عباس المغربي (متوفى حوالى سنة ٠٧٥ هـ/٥٧١ م) في المقالة الرابعة في تقسيم المسائل في كتابه في "الباهر في الجبر". وهو التقسيم الذي ينقسم إلى ثلاثة أبواب : المسائل الممكنة، المسائل المستحيلة، المسائل الواجبة. ويلجأ ابن سنان في تصنيفه إلى القياس المنطقي : عدد الحلول، عدد الفروض، توافق الشروط، استقلال الشروط الممكن. وهو التصنيف الذي يختلف

عن تصنيف قديم يوناني وهلنستي ساد حتى النصف الثاني من القرن السابع عشر الميلادي، وقام على قياس العمل والبعد، واستخدمه بابوس، وبنوموسى، وابن الهيثم، وعمر الخيام، وبيار فرما، تمثيلاً لا حصراً.

ثانياً : الحسن أبو على بن الحسن بن الهيثم

(البصرة، النصف الثاني من القرن العاشر-مصر، بعد ٤٣٢ / سبتمبر ١٠٤٠م)

٢-١- تغيير موقع ابن الهيثم فى تاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية

سبق أن أشرت فى مقدمة هذا الكتاب إلى موسوعة رشدى راشد العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية فى اللغة العربية بين القرن الثالث الهجرى والقرن الخامس الهجرى (ج١ : المؤسسون والشرح؛ ج٢ : الحسن بن الهيثم؛ ج٣ : الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية؛ ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات)^(٢٩). كان المقصود من موسوعته عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرنين هو التأريخ لحساب الصغائر بين القرن التاسع والحادى عشر الميلاديين، وبخاصة أعمال الحسن بن الهيثم. فظهر الجزء الثانى -ج٢ : الحسن بن الهيثم- من الكتاب قبل الجزء الأول -ج١ : المؤسسون والشارحون-، وهو يضم أعمال الحسن بن الهيثم فى حساب الصغائر أوفى الحسابات اللامتناهية فى الصغر. ولوضع أعمال ابن الهيثم فى نسقها التاريخي، كان عليه أن يرى ما تم قبله وأن يرى كيف فسر هو فيما بعد. فى هذا الحال درس رشدى راشد ما كتب فى اللغة العربية فى هذا الميدان من القرن التاسع الميلادى حتى ابن الهيثم ثم شراح ابن الهيثم فى هذا الموضوع. ولدراسة أعمال ابن الهيثم نفسها فى هذا الميدان، كان على رشدى راشد أن يدرس تصوره وأعماله الهندسية، فكان الجزء الثالث -ج٣ : الحسن بن الهيثم-، وهو يدرس هندسة القطوع المخروطية كلها. وفى أثناء هذه الدراسة تبين لرشدى راشد أن ابن الهيثم كان قد ورث كل هذا التقليد الرياضى الذى بدأت فيه أفكار التحويلات النقطية الهندسية. ومن ثم تجدد الفكر الهندسى وتجددت فلسفة الرياضيات وتجدد تصور المكان، فكان الجزء الرابع -ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات-، وبعد رشدى راشد الآن للجزء الخامس، وهو يتعلق بالهندسة الكروية وتطبيقاتها فى علم الهيئة ومحتوياتها التحليلية، ثم سيتبعه الجزء السادس والسابع. فهدف رشدى راشد من موسوعته العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس هو تقديم عمل متكامل حول فروع الهندسة العربية كافة.

وسبق أن أشرت كذلك في الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب إلى بيان رشدى راشد أن ابن الهيثم (٩٦٥ - ١٠٤٠) قد قدم في أثناء حلّه لمسألة توافق خطى مبرهنة ويلسون كقضية تعبر بدقة عن "خاصية ضرورية" للأعداد الأولية أو بمعنى آخر عن "خاصية" تمتاز بها هذه الأعداد بالذات دون غيرها من الأعداد. وعرض رشدى راشد لمراحل عرض ابن الهيثم نفسه كى يدرس الحيز الذى يفرد له هذه المبرهنة فى بحثه الخاص. ومن هنا فقد عدل تسجيل العالم وارينج (*E. Waring*) فى عام ١٧٧٠، فى كتابه فى "التأملات الجبرية" نشأة مبرهنة ويلسون وتكوينها. كشف يوانس ويلسون هذه الخاصية للأعداد الأولية. مع أن هذه المبرهنة ما انفكت تنسب لويلسون منذ ذلك الوقت، فإن أ. وارينج لم يذكر فى "التأملات الجبرية" (١٧٧٠) أن يوانس ويلسون قدّم برهاناً على خاصية الأعداد الأولية. لم يمتلك يوانس ويلسون برهاناً للمبرهنة التى تحمل اسمه. وزعزع الكشف عن مخطوطات ليبينتز وابن الهيثم أسبقية ويلسون. ففى أواخر القرن التاسع عشر الميلادى، استطاع ج. فاكّا أن يكشف لدى ليبينتز عن صياغة مكافئة لهذه المبرهنة وسابقة على صياغة ويلسون.

وفى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب سبق أن أشرت إلى تغيير رشدى راشد لموقع ابن الهيثم فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها. كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه فى مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص) فى علم المناظر فى اللغة العربية. كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل الآخر هو قصده قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى. قاد هذان الأساسان إلى تغيير موقع الرياضى والفيزيائى ابن الهيثم (المتوفى سنة ١٠٤٠) فى تاريخ العلوم. كذلك قاد الأساسان -مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص)؛ قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى- إلى كتابة نشأة الوقائع العلمية الكلاسيكية وتطورها، من جديد. جدد ابن الهيثم، لأول مرة، علم المناظر ليشمل موضوعات تجاوزت أسلافه الهلينستيين. ودرس رشدى راشد شروط ذلك التجديد فى علم المناظر بخاصة، وفى الفيزياء بعامة. وحدد رشدى راشد أسباب التوسع فى مجالات البحث. وكان من البدهى أن يقود ذلك رشدى راشد إلى إعادة قراءة لتاريخ فصول عدة من علم المناظر: المرايا المحرقة أولاً، ومن ثم النظرية الهندسية للعدسات ثم علم انكسار الضوء. ولم يكن ذلك الخيار اعتباطياً *ARBITRARINESS* إنما كان خياراً ضرورياً، وجوهرياً، وطبيعياً، فقد أوحى به المجالات المتعددة التى درسها ابن الهيثم. فلقد درس ابن الهيثم المرايا المحرقة والكرة كما أفرد أجزاء كاملة من كتاب المناظر للكاسر الكروي. ومن خلال تحديد رشدى راشد موقع دراسات ابن الهيثم حول المرايا والكرات والكواسر على خريطة مشروع ابن الهيثم، اجتث ابن

الهيثم من تراث بطلميوس. فإن دراسة رشدي راشد هذه الفصول قادتته إلى اكتشاف نتائج ابن سهل الجديد. هذا النتاج هو دراسة تظهر فيها للمرة الأولى النظرية الهندسية للعدسات. أما ابن سهل فهو رياضي فريد عاش في النصف الثاني من القرن العاشر الميلادي، كان ابن الهيثم قد عرفه ودرسه. وقد قاد ذلك الكشف رشدي راشد إلى إعادة النظر في تاريخ الانكساريات. بدا جلياً أن نظرية الانكساريات ليست من نتاج علماء نهاية القرن السادس عشر الميلادي. عادت دراسة انكسار الضوء ومعرفة قانون سنيلليوس إلى القرن العاشر الميلادي. من هنا تغير موقع ابن الهيثم نفسه في تاريخ الرياضيات. صار لابن الهيثم أسلاف إلى جانب بطلميوس. وفي الحقبة الممتدة من بطلميوس إلى ابن الهيثم، نهض تجديد ابن الهيثم على حساب تقهقر نسبي لابن الهيثم. فامتدح الانطلاق من قانون سنيلليوس وحده. اكتشف ابن سهل قانون سنيلليوس. وعاد ابن الهيثم إلى مقارنات النسبة ما بين الزوايا. طرح رشدي راشد تجديد ابن الهيثم طرحاً جديداً، في ضوء عمل ابن سهل. وقد قدم ذلك الطرح الجديد في سياق تقديم المخطوطات الأساسية لعلم الانكساريات في اللغة العربية، أي أهم ما كتب في هذا المجال قبل القرن السابع عشر الميلادي. لذا حقق رشدي راشد، للمرة الأولى، "الرسالة" لابن سهل، وكذلك ما وصل إليه من دراساته الأخرى حول المناظر، عدا أعمال ابن الهيثم وكمال الدين الفارسي. فلقد برهن رشدي راشد وشرح ستة نصوص هي: "رسالة" ابن سهل وكلامه حول صفاء الفلك، ونصين من كتاب ابن الهيثم السابع في كتاب المناظر - يبحث النص الأول في الكاسر الكروي والنص الآخر في العدسة الكروية - و"رسالته" حول الكرة المحرقة، وشرح كمال الدين الفارسي^(٣٠). ولا تقتصر أهمية البحث في المرايا المحرقة والعدسات على مجال انعكاس الضوء وانكساره إنما تتعداهما لتشمل علم "الهندسة". فاحدى السمات التطبيقية البارزة في مجال انعكاس الضوء وانكساره فضلاً عن علم الرصد الفلكي، قد غابت عن بحث مؤرخي العلوم قبل رشدي راشد. لذلك ظهر انتماء الرياضيين في اللغة العربية إلى المدرسة الأرشميدسية الجديدة والمدرسة الأبولونية. لذلك خصص رشدي راشد جزءاً مهماً من بحثه لعلماء الرياضيات الأرشميديسين الجدد، الذين حاولوا في ما بين القرنين التاسع الميلادي والحادي عشر الميلادي، استعادة طرق أرشميدس أو تجديدها بهدف حساب مساحات السطوح المنحنية، وأحجام المجسمات الناجمة عنها، لتحديد مراكز الثقل فيها، وبحوث من طوروا الهندسة التحليلية بفضل نظرية القاطع المخروطية. وقد بلغ ذلك التراث ذروة مجده في بحث ابن الهيثم.

كان عصر ابن الهيثم هو عصر ترجمة كتب الفلسفة والطب والرياضيات، من هندسة ومخطوطات وجبر وحساب وفلك، وما كان يعد في ذلك العصر من فروع الرياضيات، من بحوث في مراكز الأتقال والحيل والمناظر والمرايا المحرقة والرياضيات التحليلية، كل ذلك من اللغة اليونانية إلى اللغة العربية^(٣١). وكان قد تم نقل ما نقل من الهندية والفارسية من كتب الفلك والعدد. وكان قد تمكنت هذه العلوم عند العلماء في اللغة

العربية، وتم لهم دراستها وكانوا قد بدءوا في شرحها والتعليق عليها. وكان قد ظهر أساطين الأعلام في الفلسفة والطب والكيمياء والرياضيات. منهم في الفلسفة الكندي والفارابي (أنظر الفصل الثاني من الباب الثالث من هذا الكتاب)، وفي الطب أبو بكر الرازي (أنظر بحث رشدي راشد في الرازي في "تصور اللامتناهي في عصر الرازي"، أعمال مؤتمر الرازي، القاهرة، ١٩٧٧)، وفي الكيمياء جابر بن حيان، وفي الرياضيات أبو عبد الله محمد بن موسى الخوارزمي وثابت بن قره (أنظر الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب) وإبراهيم ابن سنان (أنظر الفصل الأول من الباب الثالث من هذا الكتاب) والخازن (أنظر الفصل الأول من الباب الثاني) وابن سهل والقوهي (أنظر الفصل الثاني من الباب الثاني من هذا الكتاب) وبنو شاعر، وفي الفلك أبو معشر البلخي وحنين، بن اسحق العبادي (٢١٥هـ - ٢٩٨هـ وقال ابن الأثير: ٢٩٩ هـ)، الطبيب المشهور، ويعتبر أحد مشاهير النقلة الذين مثلوا على حركة الترجمة في القرن الثالث الهجري/التاسع الميلادي، واحمد بن كثير الفرغاني وسهل بن بشر والبتاني، أبو عبد الله محمد بن سنان بن جابر الحراني الفلكي (٢٣٥-٣١٧هـ / ٨٥٠-٩٢٩م)، رياضي وفلكي اشتهر في القرن الرابع الهجري / العاشر الميلادي، وعرف بلقب "بطلميوس"، وعبد الرحمن الصوفي والبوزجاني، أبو الوفا محمد بن محمد بن يحيى بن إسماعيل بن العباس (٣٢٨-٣٧٦هـ / ٩٤٠-٩٨٦م)، وهو رياضي وفلكي اشتهر في القرن الرابع الهجري/العاشر الميلادي.

أسهم ابن الهيثم في المناظر وفي نقد النموذج البطلمي في الفلك كما في الرياضيات: الرياضيات الأرسيميدية، النظريات العددية، عمل الأدوات الهندسية، أسس الرياضيات وغير ذلك من فروع الرياضيات. ولم يكتب في الفلسفة بالمعنى الهلنستي لكلمة فلسفة. وكتاب "في الأصول الهندسية والعددية" جمع ابن الهيثم فيه الأصول الهندسية والعددية من كتاب أقليدس وأبولونيوس ونوع فيه الأصول وقسمها وبرهن عليها ببراهين نظمها من الرياضيات والحساب بخاصة حتى انتظم ذلك مع نقد أقليدس وبطلميوس. واستخرج ابن الهيثم أصول كتابه "الجامع في أصول الحساب" لجميع أنواع الحساب من أوضاع أقليدس في أصول الهندسة والعدد. وجعل السلوك في استخراج المسائل الحسابية بجهتي التحليل الهندسي والتقدير العددي. وعدل فيه عن منهجيات الجبريين. ويحمل علمه طابعا تطبيقيا يدفع "الهندسة" إلى المدلول الفني المعروف في الوقت الحاضر، مثل مقالته في "استخراج ما بين بلدين في البعد من جهة الأمور الهندسية" ومقالته "في إجراءات الحفور والأبنية بجميع الأشكال الهندسية"، "بلغ فيها أشكال قطوع المخروط الثلاثة المكافئ والزائد والناقص. لم يقتصر كتابه "في المساحة" على كيفية تعيين مساحات الأشكال المختلفة من الناحية الرياضية. فتعيين مساحة سطح الكرة كان اصطلاحهم عنه "تربيع الكرة" وبالمثل "تربيع القطع الناقص" وغير ذلك من الكتب. وحقق رشدي راشد مخطوطة "قول في الهلاليات"، و"قول في تربيع الدائرة"، و"مقالة في الأشكال الهلالية".

ورحل ابن الهيثم من بصرة بالعراق متجهاً إلى مصر نحو آخر القرن العاشر أو أوائل القرن الحادي عشر الميلادي. ولد الحاكم بأمر الله الفاطمي في ٩٨٥/٣٧٥ وبدأ حكمه في ٩٩٦/٣٨٦ قبل قتله في ١٠٢٠/٤١١. فقد كان للحاكم ميل للعلم وميل لتشجيع العلماء. وأنشأ بالقاهرة داراً عرفت "بدار الحكمة" أو "دار العلم" جمع فيها العلماء. وقد كان يشهد أحياناً مناقشاتهم. وأيضاً أنشأ في المقطم مرصداً جعل فيه أحد مشهورى علماء الفلك في ذلك العصر وهو "ابن يونس المصري" وانقطع فيه ابن يونس للرصد، حتى أتم أرصاده وجمعها في جدول تعرف في تاريخ علم الفلك "بالزيج الحاكمي". فبلغ الحاكم أمر ابن الهيثم، وأراد أن يستأثر بفخر إيوانه إليه. وسار أن ابن الهيثم ومعه جماعة من الصناع المحترفين لأعمال البناء بأيديهم، وتتبع مجرى النيل، وكأنه في بعثه هندسية بالمعنى الحديث. واستوطن داراً بالقرب من الجامع الأزهر وأقام بالقاهرة إلى أن توفي. كان مورد رزق ابن الهيثم كتابين أو ثلاثة كتب رياضية، منها كتاب الأصول لأقليدس وكتاب المجسطى لبطلميوس، كان ينسخها كل عام فيأتيه من أقاصى البلاد من يشتريها منه.

وأدرك ابن الهيثم، على مستوى طريقة البحث، ضرورة الأخذ بالاستقراء، والأخذ بالقياس^(٣٢). والأخذ في بعض البحوث بالتمثيل، وضرورة الاعتماد على الواقع، على مثل المنوال المتبع في البحوث العلمية الحديثة. وقد كان بعضهم منقسماً في كيفية الأبصار قسمين. بعضهم يقول بأن الأبصار هو بخروج شعاع من البصر إلى المبصر. والبعض الآخر يذهب إلى أن الإبصار هو ورود صورة المبصر أو شبحه من المبصر إلى البصر، من دون أن يبين ماهية ذلك الشبح الوارد، أو كيفية وروده. وكل مذهبين، حسب ما عبر ابن الهيثم، مختلفين فإما أن يكون أحدهما صادقاً والآخر كاذباً، وإما أن يكون جميعاً كاذبين والحق غيرهما جميعاً، وإما أن يكونا جميعاً يؤديان إلى معنى واحد هو الحقيقة، ويكون كل واحد من الفريقين الباحثين القائلين بذينك المذهبين قد قصر في البحث فلم يقدر على الوصول إلى الغاية، فوقف دون الغاية، أو وصل أحدهما إلى الغاية وقصر الآخر عنها، فعرض الخلاف في ظاهر المذهبين وتكون غايتهم عند استقصاء البحث واحدة. وقد يعرض الخلاف أيضاً في المعنى المبحوث عنه من وجهة اختلاف طرق البحث.

ورأى ابن الهيثم أن يستأنف النظر في مبادئ العلم ومقدماته. بدأ ابن الهيثم في البحث باستقراء الموجودات، وتصفح أحوال المبصرات وتمييز خواص الجزئيات، واستقراء البصر في حال الإبصار، وما هو مطرد لا يتغير وظاهر لا يشتبه من كيفية الإحساس. ثم يترقى في البحث والمقاييس على التدرج والترتيب، مع نقد المقدمات، والتحفظ من النتائج. فقيمة الحقائق العلمية أنها وسائل لا غايات، إذا استعنا فيها بالقياس أدت إلى نتائج. لا يجزم ابن الهيثم جزماً قاطعاً بأنها توصل إلى الحقيقة، وإنما يصل الباحث بالتدرج إلى الغاية. ونظفر مع النقد والتحفظ بالحقيقة. إن المعرفة بوجه عام بالإضافة، وليست بنحو مطلق. من هنا فابن الهيثم من فريق الواقعيين الذين يقولون بوجود العالم الخارجى وجوداً في نفسه، وجوداً يصح أن نسميه "

موضوعياً " وان الحواس أدوات إدراكه. وهو يرى أن الاعتماد في البحث على الحقائق، لا بد أن يكون أولاً على الأمور الحسية. ولا شك في أنه يعلم بخطأ الحس بل ويقرر أن العقل يخطئ في القياس وفيما يسميه " المعرفة " وأقواله في كيفية إدراك المبصرات، وعلل أغلاط البصر. وليس هذا المحقق على غاية التحقيق مطلقاً بل هو "بالإضافة إلى الحس ". وقد تخيل ابن الهيثم، تمثيلاً لا حصراً، أوضاعاً متوافقة للحركات السماوية. فلو تخيل أوضاعاً غيرها متوافقة لتلك الحركات، لما كان عن ذلك التخيل مانع. لأنه لم يقدّم البرهان على أنه لا يمكن أن يكون سوى تلك الأوضاع أوضاع أخرى، ملائمة مناسبة لتلك الحركات.

كان السائد في علم الفلك القديم إلى عصر " كوبرنيكوس " هو نظرية بطليموس في حركات الأجرام السماوية. وفي هذه النظرية كانت الأرض تعد مركز العالم. وكانت النجوم الثابتة تعد متحركة حركات مستديرة حول قطب العالم. وكانت الكواكب السيارة يعد الواحد منها متحركاً حول محيط دائرة يتحرك مركزها حركة مستديرة حول الأرض، تلك بايجاز نظرية بطليموس وهي التي كان يعول عليها في علم الفلك القديم. كانت النظرية قبل ابن الهيثم تقتصر في هيئة الأفلاك على الدوائر المجردة، وابن الهيثم نفسه في مقالته " في هيئة العالم " عدلها وذهب إلى القول بتجسم الأفلاك وفصل أحوالها. هذه هي الأوضاع التي كانت تخيلت للحركات السماوية. وهذا التخيل هو النظرية التي كانت متبعة. ويقرر ابن الهيثم أن مثل هذه النظرية لا يوجد برهان يلزمنا بها دون غيرها، ومن الجائز أن نتخيل نظرية أخرى تكون مناسبة لتلك الحركات.

بدأ ابن الهيثم، إذن، بالبحث عن الواقع على ما هو عليه. والأمور الواقعية في أكثر الأحوال يحتاج لمعرفة إلى شيء من اتخاذ العدة وتكييف الظروف، أي يحتاج لمعرفة إلى تعديل وتحوير وتغيير في الأحوال. إن معرفة الحقائق الأولية في الأمور الطبيعية تحتاج إلى إجراء ما نسميه الآن تجارب، هي عدة العلم الطبيعي الوحيدة في الوقت الحاضر لاستقراء الأحكام العامة. وأول ما عنى به ابن الهيثم في البحث العملي عن كيفية حدوث هذه الأمور هو تنظيم التجارب، التجارب التي أتخذ فيها أجهزة وآلات خاصة. وله اصطلاح خاص عبر به عن معنى "التجريب" في الاصطلاح الحديث، هو لفظ " الاعتبار ". ويقول عن الشخص الذي يجرب إنه الشخص " المعتبر ". ويقول عن الاستدلال على صحة أمر من الأمور، أي مطابقته للواقع، إنه إجراء " الإثبات بالاعتبار "، تمييزاً له عن الإثبات بالقياس، بل هو أدرك أن " للاعتبار " وظيفتين:

١- استقراء الأحكام أو القوانين العامة ؛

٢- التحقق من صحة نتائجها القياسية.

ومن هنا فقد سبق أن أدرك ابن الهيثم إن الطريق إلى معرفة الحقائق العلمية لا بد أن يكون الاستقراء القائم على المشاهدة أو الاعتبار، ثم لا بد أن توافق نتائجها القياسية الواقع الذي وسيلة معرفته المشاهدة أو

الاعتبار. ولم يكن في عصر ابن الهيثم معروفاً تماماً كيفية إشراق الضوء من القمر. فعلماء الرياضيات والفلك، كانوا يقولون إن ضوء القمر هو ضوء الشمس منعكساً على سطحه كما ينعكس الضوء على سطوح الأجسام الثقيلة كالمرايا مثلاً. فأراد أن يعتبر صحة هذا القول. وأجرى بحثاً هندسياً، متسلسل الخطوات مستوفى البراهين، قدر به الجزء من مساحة سطح القمر، الذي ينعكس عليه إلى نقطة من سطح الأرض الضوء الواقع من الشمس على سطح القمر كله. وذلك على فرض أن سطح القمر كروي محدب. فوجد أن ذلك الجزء هو مساحة صغيرة من سطح القمر لا يتجاوز طولها القوس التي توتر عند مركز القمر زاوية قدرها ٣٤ دقيقة، ولا يتجاوز عرضها القوس التي توتر عند مركز القمر زاوية قدرها ١٧ دقيقة. وأثبت أن هذا الجزء الصغير يقع من سطح القمر على الجزء المقابل للنقطة المفروضة على سطح الأرض وحوالي الجزء الأوسط منه، وبما أن هذه النتيجة التي أثبتها بالبرهان الهندسي ليست واقعية، فليس يكون الضوء المشرق من القمر هو كما يقول الرياضيون، ضوء الشمس منعكساً كما ينعكس على سطوح الأجسام الثقيلة، وقد راعى في هذا البحث تأثير الانعطاف أيضاً. على هذه الصفة أبطل تلك النظرية وأقام على أنقاضها نظرية في ضوء القمر هي أن ضوء القمر هو ضوء ثانوى أو عرضى يشرق من سطح القمر المستضيء بالضوء الذاتى المشرق من الشمس، كما يشرق الضوء من جسم كثيف معتاد إذا وضع بالقرب من جسم مضيء بذاته، وليس هو ضوء منعكس بالمعنى الخاص بالانعكاس.

فابن الهيثم لا يكتفى عند شرح " الاعتبار " بوصف الآلة أو الجهاز وبوصف كيفية إجراء " الاعتبار " بل يأتي بشرح لكيفية صنع الجهاز بل الأجزاء المختلفة للجهاز الواحد، من المواد الخام التي تصنع منها. فجهازه الذى اعتبر به فى الانعكاس، وجهازه الذى اعتبر به فى الانعطاف، يختلف كل منهما اختلافاً جوهرياً عن نظيره الذى ذكره بطليموس فى كتابه فى المناظر. ولا شك ان كلا من جهازى ابن الهيثم أكثر تعقيداً من نظيره من جهاز بطليموس. وضع مثل هذه الأجهزة فى عصر لم يكن مزوداً بمثل الآلات والعدد الميكانيكية المعروفة الآن، بالمقاييس والأبعاد والتدرجات المضبوطة.

ولتعدد أجهزته الأساسية سبب، والسبب وجيه فنحن كثيراً ما يكفينا فى الوقت الحاضر عند توضيح قانونى الانعكاس مثلاً اعتبار بسيط نقنع فيه بانعكاس ضوء الشمس مثلاً عن سطح مرآة أو صفيحة مصقولة مستوية ولنا شيء من العذر. فقد أصبح قانونُ الانعكاس من الأمور المألوفة التي يتلقاها التلاميذ كما يتلقى صغارهم أن الأرض كروية مثلاً. ولأننا نتوقع أن المبتدئ بدراسة علم الضوء سيعرض عليه فى أثناء دراسته أمر الانعكاس عن المرايا الكروية مثلاً، وسيقال له أن الجزء الصغير من السطح الكروى أو بوجه عام من السطح المنحني، هو بمثابة جزء صغير من سطح مستوي، وإذن يكون حكم الانعكاس عن الأول كحكم الانعكاس عن الثانى، أو كما يقال. ولكن مثل هذا التصرف لا يليق فى عصر كانت هذه الأمور فيه إما موضع أخذ ورد،

وإما لا تزال في عالم الغيب، وليس يليق بمن كلف نفسه مشقة البحث عن حقائق هذه الأمور، إلا أن يستقصى أكثر ما يمكن من الأحوال. فضوء الشمس قد ينعكس على صفة معينة من السطح المستوي الصقيل، ولكن ما يدرينا أنه ينعكس على هذه الصفة نفسها عن السطح الكروي أو الأسطوانى أو المخروطى المحدب والمقعر؟ وإن ثبت أن ضوء الشمس ينعكس على هذه الصفة عن هذه السطوح فما يدرينا أن ضوء النار أو ضوء القمر أو ضوء النهار أو الضوء المشرق من جسم كثيف مستضيء بالضوء المشرق من جسم مضيء بذاته، أو ما إلى ذلك، ينعكس عن هذه السطوح جميعاً على الصفة نفسها؟ هل من سبيل إلى معرفة ذلك إلا بالاعتبار بهذه الأضواء جميعاً وبهذه السطوح الثقيلة جميعاً؟

أدرك ابن الهيثم أن الاستقراء ناقص بطبيعته، فيصرف الاهتمام إلى تصفح أكثر ما يستطيع من الأحوال، عسى أن يتضاءل احتمال الخطأ في نتيجة الاستقراء. فأن وجدنا جهازه في الانعكاس مثلاً معقداً فلأنه أراد أن يكون الجهاز صالحاً للاعتبار بوساطته لا بمرآة واحدة مستوية بل بالمرآيا السبع. وللاعتبار لا بضوء الشمس وحده بل بالأضواء المختلفة. أخذ ابن الهيثم إذن بالاستقراء والقياس معاً. كذلك أخذ ابن الهيثم بالتمثيل أو الانالوجي. فهو في دراسة الانعكاس لم يكتف بالكشف عن أحكام الانعكاس وباستنباط نتائجها القياسية، بل حاول أن يضع للانعكاس نظرية يبين بها "لمبة الانعكاس" أى لم ينعكس الضوء على الصفة التي ينعكس عليها؟ وكانت نظريته في ذلك التمثيل للانعكاس بمثال ميكانيكي. وبدأ يشرح ما يحدث إذا كرة صغيرة صلبة ملساء متحركة لقيت جسماً صلباً يمنعها من الاستمرار في حركتها على السمت الأول، وقاس على هذا المثال الميكانيكى انعكاس الضوء، وإن كانت أقوال ابن الهيثم من الناحية الميكانيكية في نظري على جانب عظيم من الخطر، فلا يسمح المجال اليوم بتفصيل الأمر، يكفي أن أقول أنها تتطوى على معانٍ تتعلق بعلم الميكانيكا لم يصل إلى علمى أن أشار إليها أحد، أذكر منها الفكرة التي يبنى عليها تعريف نيوتن لمعامل الارتداد، وأذكر منها فكرة "كم" عبر عنه ابن الهيثم بقوله "قوة حركة الجسم" يتركب معناه من معنى "ثقل" الجسم، ولنقل نحن كتلته، ومن "حركته" ولنقل سرعته، وأذكر منها فكرتي تحليل السرعة إلى مركبتين، وتركيب السرعة من مركبتين.

وأخذ ابن الهيثم بالتمثيل لانعكاس الضوء بهذا المثال الميكانيكى من الواضح انه سبق نيوتن إلى نظريته إلى وضعها في انعكاس الضوء، ولكنه لم يتقيد كما تقيد نيوتن برأى معين في ماهية الضوء، بل اكتفى بالتمثيل. وموقفه شبيه بموقف فريق من كبار علماء الطبيعة في أواخر القرن التاسع عشر، وهم "أصحاب المثل" أو "أصحاب النماذج" لأنهم كانوا يرون أن تقوم بجانب النظريات في الأمور الطبيعية، نماذج تمثيل بالمحسوسات، وكان إمكان تصور نموذج أو مثال ميكانيكى على هذه الصفة يتخذ لديهم دليلاً يعاضد إلى حد ما صدق النظرية.

ابن الهيثم، إذن، عالم بمعنى " العالم " الاعتباري-التجريبي. فقد حان أوان الأوضاع التاريخية لهذه الأمور ومسألة ابن الهيثم التي عرفت عند أهل أوروبا بمسألة " الهازن " والتي يتلخص موضوعها، في أنه إذا فرض سطح عاكس، وفرض أمامه نقطتان، فكيف تعين النقطة على السطح العاكس التي إذا وصلت بالنقطتين، كان المستقيمان الواصلان أحدهما بمنزلة الشعاع الساقط والآخر بمنزلة الشعاع المنعكس، هذه المسألة سهلة بسيطة إذا كان السطح العاكس مستوياً، بل هي سهلة بسيطة أيضاً في بعض الأحوال الخاصة في حالات السطوح الكروية والأسطوانية أو المخروطية المحدبة أو المقعرة، هذه المسألة كان ابن الهيثم أول من استطاع أن يضع لها حلاً هندسية مدعومة بالبراهين. يكفي أن أقول أنه قد تبين لي أن مواضع منها لم تفهم على حقيقتها. شغلت عقول كثير من علماء الرياضيات بعد عصر النهضة مثل " هويجينز " بل كان " باروز " أستاذ الرياضة الذي تتلمذ عليه نيوتن في كمبردج يذكرها في محاضراته، وإن تجاوز حدود الاعتدال في نقد " الهازن " لتعتقد براهينه الهندسية.

ولم يسم إلى تصوره حتى " كبلر " وحتى " ديكرت " ذلك أن للضوء سرعة محدودة. أي أنه ينتقل في زمان. بل وأن سرعته في الوسط المشف الألف أعظم من سرعته في الوسط المشف الأغلف، وهو الصحيح، وهو النقيض مما تؤدي إليه النظرية التي وضعها على نتيجة الاعتبار، وما كان له أن يثبت " بالاعتبار " هذا الأمر. وهو رأي يؤدي إليه إلا نموذج الميكانيكي الذي صور به حدوث الانعكاس، وهو رأي يتفق واتجاهه في بيان لمبة الانعطاف على أساس فكرة هي في ذاتها فكرة جلية جديرة بالتقدير وهي أن الضوء عند الانعطاف من مشف في آخر، يختلف عنه في الشيف، يسلك السبيل الذي عليه الحركة " أسهل وأقوى ".

وأراد ابن الهيثم أن يثبت بالبرهان أن الضوء ينتقل في الزمان. وأراد أن يكون برهانه برهان الخلف ففرض ثقباً يصل منه الضوء إلى جسم مقابل للثقب، وفرض وفقاً لعبارته الواردة بلفظه " أن يكون الضوء يحصل في جميع الهواء المتوسط بين الثقب وبين الجسم المقابل للثقب دفعة واحدة. ويكون جميع الهواء يقبل الضوء دفعة لا جزءاً منه (أي من الهواء) بعد جزء " وحاول تطبيق برهان الخلف، لكي يثبت أن هذا الفرض يؤدي إلى خلف، وإذن فهو محال، ولكن التوى عليه القصد. وفكرة " سبيل أسهل الحركات " في الانعطاف لم ترد بالوضوح الذي أوردها به من بعده " فرما " في قاعدته التي تعرف بقاعدة أقصر الأوقات.

والفكرة الأولية أن للضوء وجوداً في نفسه وأنه هو المؤثر الذي يحدث الإحساس البصري، هذه الفكرة التي تعد الآن من بدايات علم الضوء لم تكن واردة قبل ابن الهيثم. وكان اقليدس وبطلميوس والرياضيون جميعاً متفقين في أن الإبصار هو بخروج شعاع من البصر إلى المبصر، كأن العين يمتد منها شيء حتى يلمس المبصر، ومتى يلمس هذا الشيء الممتد من العين المبصر وقع الإحساس. فهذا الشعاع الخارج من

البصر هو فى زعمهم نظير ما يسميه علماء الأحياء فى الحشرات " قرون الاستشعار ". فإنه لصداها الذى يدوى فى فكر " ديكارت " إذ يشبه الإنسان وهو يبصر المبصرات بعينه الاثنى بالكيف الذى يتحسس المحسوسات من حوله، بعضاتين يمسكهما فى يديه، فالذى ينعكس أو ينعطف عند أفليدس أو عند بطلميوس أو عند غيرهما من الرياضيين، ليس هو الضوء بالمعنى الذى نفهمه، بل هو " قرون الاستشعار " الخارجة من العين فى زعمهم ويسمونه " الشعاع ". وإذا خرج هذا الشعاع من العين ووقع على سطح مرآة ثم انعكس ولمس بعد انعكاسه مُبَصِّراً أبصرته العين بالانعكاس وإذا هو خرج من العين ونفذ فى الهواء ولقى مشفاً غير الهواء وانعطف فيه، ثم لمس بعد الانعطاف مُبَصِّراً أبصرته العين بالانعطاف.

وكان موقف ابن الهيثم موقف من يتساءل، هل الأضواء جميعاً سواء منها المشرق من الأجسام المضيئة بذاتها أو المشرق من الأجسام المستضيئة بغيرها تمتد فى الجسم المشف الواحد على السموات المستقيمة ؟ وان كان الأمر كذلك هل من سبيل إلى القول بأن الأبصار يكون بورود الضوء المشرق من المبصر إلى البصر ؟ يرد من كل نقطة من المبصر إلى جميع سطح البصر فكيف يتسنى للبصر أن يدرك المبصر بأجزائه المختلفة وألوانه ونقوشه وتخطيطاته، كما هو عليه فى الواقع معاً دون أن تختلط صورها أو تشبهه ؟ وإذا كان الإحساس يحدث فى داخل البصر ؟ بل كيف يتسنى أن يدرك بعده، وعظمه وشكله وتجسمه وما إلى ذلك ؟ وكيف يعرض ما يعرض أحياناً بالنظر بالعينين الاثنتين ؟ هل الأضواء جميعاً تنعكس على صفة واحدة؟ وان كان الأمر كذلك فما هى هذه الصفة العامة التى تنعكس عليها الأضواء جميعاً ؟ وبعد هل من سبيل إلى القول بأن إدراك المبصر بالانعكاس هو بورود الضوء المشرق منه إلى العين بعد انعكاسه. أين يقع موضع الخيال الذى يرى؟ ما هى صفاته ؟ هل الأضواء جميعاً تنعطف على صفة واحدة؟ ما هى هذه الصفة؟ هل من سبيل إلى القول بأن أدراك المبصر بالانعطاف هو ورود الضوء المشرق منه إلى العين بعد انعطافه؟ أين يقع موضع الخيال ؟ ما هى صفاته ؟ يجب القول بشكل واضح أن ابن الهيثم أقر ببطلان نظرية "الشعاع البصري"، وأنه اعتبر أن الضوء يأتى من الجسم المبصر إلى داخل العين فيحصل الإحساس بالجسم.

٢-٢- التحليل والتركيب عند ابن الهيثم

إن العلم، حسب ما يقول ابن الهيثم فى مستهل مقالة "التحليل والتركيب" التى حققها رشدى راشد وشرح عليها وترجمها وعلق عليها تعليقا تاريخيا ورياضيا وفلسفيا، إذن له غاية^(٣٣). وغاية الرياضيات هى استخراج المجهولات من جزئياتها وتدل البراهين على حقائق معانيها. والذروة فى طلبها الظفر بالبراهين التى تستنبط بها مجهولاتها. والبرهان هو القياس الدال على صحة نتيجته. وهذا القياس هو مركب من مقدمات يعترف الفهم بصدقها، ومن نظام وترتيب لهذه المقدمات يضطر سامعه إلى تيقن لوازمها.

وطريق هذه المقاييس هو تتبع البحث عن مقدماتها وتمحل الحيل في تطلبها وتطلب ترتيبها والصناعة التي بها تصيد هذه المقدمات وبها يتوصل إلى الترتيب المؤدى إلى المطلوب من نتائجها تسمى التحليل. وبحث ابن الهيثم هو في التحليل والتركيب، بنحو خاص، لكنه هو البحث في وحدة الرياضيات بوجه عام. فما خرج إلى الوجود من الرياضيات بوجه إنما خرج بالتحليل. وقد كانت مقالة إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥هـ / ٩٤٦م)، "في طريق التحليل والتركيب في المسائل الهندسية" ومقالة الحسن بن الحسن ابن الهيثم "في التحليل والتركيب" أبرز البحوث الرياضية السابقة على الكتابات الرياضية الصادرة في منتصف القرن السابع عشر الميلادي في أوروبا، التي درست مسألة التحليل والتركيب بنحو منظم. ومثلت المقالتان -مقالة بن سنان وابن الهيثم- تحولاً عن البحث "المختصر" الفلسفي، الرياضي، والطبي، اليوناني، السائد منذ القرن الرابع قبل ميلاد السيد المسيح، إذ خلف "أقليدس المنحول" بضعة سطور عن موضوع التحليل والتركيب، في فقرة منحولة موضوعة بعد القضية الخامسة من الكتاب الثالث عشر من "الأصول" لأقليدس، وخلف بابوس شذرة قصيرة وبرقليس نصاً مختصراً. وليس من شك أن أرشميدس، وأبولونيوس وديوفنطس، وغيرهم من الرياضيين اليونان القدماء، عرفوا لفظي التحليل والتركيب، لكن أحداً من الرياضيين الإغريق لم يشرع في تفسير التحليل والتركيب. فهناك فرق بين تطبيق المنهج وصياغة المنهج نفسه. ومن هنا فقد اقتصر أرشميدس على تسمية مراحل المنهج، وفسر بابوس وبرقليس محتوى المنهج، وأشارا إلى أسلوب التطبيق وإمكاناته. وحاول بابوس عرض للمنهج الذي اتبعه أقليدس، وأريست القديم، وأبولونيوس، وذكر بمعنى التحليل والتركيب، وانعكاساتها، وبالفرق بين التحليل النظري والتحليل الإشكالي، ثم أورد شروط التطبيق. ولم يتجاوز بابوس حدود الصفحة الواحدة للعرض لكل هذه الأمور. من هنا كان صراع التفسير حول بابوس الاسكندراني. والشهادة الوحيدة الدالة على معرفة العرب بذلك هو نص مختصر تماماً من كتاب الصناعة الصغيرة لجالينوس في التحليل والتركيب"، حيث استعاد جالينوس تعريف التحليل والتركيب. على أن رشدی راشد قد بين أن الرياضيين والفلاسفة الرياضيين قد استعادوا هذا المحور في أثناء التفكير في هذا العلم أو ذاك من علوم الرياضيات. فهناك "كتاب أبي الحسن ثابت بن قرة (ت ٩٠١) إلى ابن وهب في التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية". وإذا كان بن قرة لم يذكر لفظي التحليل والتركيب، فإنه كتب في مجال مجاور لمجال التحليل والتركيب. أما الفارابي، فإذا كان قد أوردهما بنحو عابر في "إحصاء العلوم"، فإنه كان واضحاً في تفسيره لهما في "كتاب الموسيقى". ووسع البحث في التحليل والتركيب في القرن العاشر الميلادي، البحث في اتجاهات بحثية ثلاث :

تجميع المسائل ومقاربتها إما مقارنة تحليلية وتركيبية إما مقارنة تحليلية أو تركيبية (بن سنان، بن سهل، السجزي)؛

الكتب التعليمية في تقديم التحليل والتركيب. وذلك كان شأن "كتاب في التحليل والتركيب الهندسيين على جهة التمثيل للمتعلمين، وهو مجموع مسائل هندسية وعددية، حللتها وركبتها"، وهو الكتاب المفقود للفيلسوف-الرياضي محمد بن الهيثم، وهو ليس الحسن بن الهيثم؛

كتابات في التحليل والتركيب للباحثين في الرياضيات (بن سنان، بن الهيثم، السجزي). فأما الهندسة فقد يستخرج بها المجهول من غير حاجة إلى تحليل المعلومات إلى بسائطها، وللسموأل، بن يحيى بن عباس المعروف بالمغربى (ت نحو عام ٧٥٠ هـ / ٥٧١١ م) مقالة في هذه المسألة. وهو كتابات تتجه لا إلى الطالب في الرياضيات، إنما إلى الرياضيين المختصين والمشغولين بأسس الرياضيات، وبنظرية البرهان. فالأمثلة التي ضربها بن الهيثم مقتبسة من البحث الرياضي المتقدم، كما في مثال مسألة أبولونيوس عن عمل دائرة مماسة مشتركة لثلاثة دوائر معطاة.

إذن عاد التحليل والتركيب، الذي كانا محور البحث الرياضي، والمنطقي، والفلسفي، لدى الرياضيين المتقدمين، ولدى الرياضيين القدماء، عاد التحليل والتركيب في القرن التاسع الميلادي والقرن العاشر الميلادي، ليحتل مركز البحث الرياضي، وذلك في وقت ابتعد فيه الرياضيون عن الرياضيات الهلنستية، من خلال الجبر ومجالات الهندسة الجديدة مثل الإسقاطات والتحويلات. لكن كان مشروع بن الهيثم في التحليل والتركيب مختلفا عن أسلافه، بن سنان، ثابت بن قرة، السجزي. كان مشروعه هو التأسيس للصناعة العلمية وقواعدها ومعجمها. قسم ابن الهيثم "التحليل" إلى أقسامه وذكر قواعده وتفصيله إلى جزئياته وعين على جميع ما يفنر إليه التحليل من الأصول. وأورد بن الهيثم في مقالته للمرة الأولى لفظ "صناعة" (*TECHNE, ARS*) التحليل. وأتم تقليده الرياضي، في هذا الميدان، كما في الميادين العلمية الأخرى.

٢-٣- نظرية التحليل

استهل ابن الهيثم "مقالة التحليل والتركيب" بالتذكير بأن الرياضيات تقوم على البراهين^(٣٤). والبرهان *DEMONSTRATION* هو القياس الدال بالضرورة على صحة نتيجته. وهذا القياس هو مركب من مقدمات صادقة وصحيحة ومن نظام وترتيب لهذه المقدمات. وطريق الظفر بهذه المقاييس هو تصيد مقدماتها وتمحل الحيل في تطلبها وتطلب ترتيبها. والصناعة *TECHNE, ARS* التي بها تصيد هذه المقدمات وبها يتوصل إلى الترتيب القائد إلى المطلوب من نتائجها، تسمى صناعة *TECHNE, ARS* التحليل. بهذا المعنى ترقى صناعة *TECHNE, ARS* التحليل إلى مرتبة صناعة برهانية *ARS DEMONSTRANDI*. وحدد مشروعه بالبحث في "صناعة الابتكار" *ARS INVENIENDE* أو استخراج المجهولات من الرياضيات وكيفية "تصيد" البحث

عن المقدمات التي هي مواد البراهين الدالة على صحة ما يستخرج من مجهولاتها، وطريق التوصل إلى ترتيب هذه المقدمات وهيئة تأليفها، وبين ابن الهيثم كيفية هذه المقدمات وعكس ترتيبها الذي هو البرهان، وهو الذي يسميه باسم "التركيب"، وإنما سماه تركيباً لأنه تركيب المقدمات المستنبطة بالتحليل وهو التركيب القياسي. في ضوء ذلك، صاغ ابن الهيثم، للمرة الأولى، التحليل والتركيب، صياغة صناعية، بوصفهما صناعتي البرهان والكشف. لا بد للمحلل من أن يعرف أصول *PRINCIPES* الرياضيات. لا بد أن تنهض هذه المعرفة على "المهارة" *INGENIOSITE*، وكل صناعة *TECHNE, ARS* سواء أكانت تحليلية أو تركيبية، فليس تتم لصانعها إلا بحدس *INTUITION*. والحدس إنما هو ضروري في التحليل إذا لم يكشف المحلل في موضوع المسألة عن خواص معطاة متى ركبت أنتجت المطلوب، فعند هذه الحال يحتاج المحلل إلى الحدس، والذي يحتاج إلى الحدس عليه هو زيادة يزيدها في الموضوع لتحديث بزيادتها خواص للموضوع مع الزيادة تؤدي إلى الخواص المعطاة. وهذه المعرفة الضرورية بالأصول هي موضوع علم يبحث في الأسس الرياضية، ويبحث في المعلومات. ولا بد من "عملها". وكان ابن الهيثم أول رياضي يؤسس صناعة التحليل على علم رياضي متميز، هو علم "المعلومات". وهو العلم الذي أفرد له بحثاً مستقلاً يحمل عنوان "مقالة للحسن بن الحسن بن الهيثم في المعلومات"، وقد حققه رشدي راشد وترجمه وشرحه^(٣٥). وذكره ابن الهيثم في مقالة التحليل والتركيب. وسجل رشدي راشد أن ابن الهيثم يدرس مسألة الأصول أو قوانين التحليل، في مقالة التحليل والتركيب، كما في مقالة "المعلومات"، و"قول للحسن بن الحسن بن الهيثم في تربيع الدائرة"^(٣٦). وأما قوانين *LOIS* صناعة التحليل وأصولها *FONDEMENTS* التي بها يتم الكشف عن الخواص وتصيد المقدمات، فهي من أصول *BASES* الرياضيات التي قدم ابن الهيثم القول بأن التحليل لا يقوم إلا على العلم بالمعلومات. فهي المعاني *NOTIONS* التي تسمى المعلومات. فالمعلوم الكلي هو المعلوم "الثابت" *INVARIABLE*. وإذا لم تكن له حقيقة معينة ومشار إليها هي مائته فليس يصح أن يعلم لأن كل ما نعلم منه، فهو يحتمل أن يتغير عما هو عليها، فليس يكون الشيء معلوماً إلا إذا كان "ثابتاً" *INVARIABLE* على حال واحدة هي مائته التي تخصه. فالمعلوم هو الذي "لا يتغير" *INVARIABLE*، وإذا قد استقرت مائته المعلوم، فيشرح كل واحد من المعاني المعلومة التي تقدم ذكرها التي هي مواد التحليل.

٢-٤- صناعة التحليل والعلم الجديد : "المعلومات"

في مقالة التحليل والتركيب، يقول ابن الهيثم إن كتاب أقليدس المترجم، "بالمعطيات"، يشتمل على معانٍ عدة من هذه المعلومات هي من أدوات التحليل، وأكثر التحليل يقوم على تلك المعاني، إلا أنه قد بقيت معانٍ أخرى من المعلومات الضرورية في التحليل ويفتقر إليها في جزئيات عدة مستنبطة بالتحليل لم يتضمنها كتاب

أقليدس ولا وجده ابن الهيثم في شيء من الكتب السابقة عليه. وبين الهيثم في كتاب أقليدس المترجم "بالمعطيات" ما يستعمله من المعلومات في أمثلة التحليل من مقالة "التحليل والتركيب" مما هو ورد في الكتب السابقة ومما لم يذكر، ويلخص ابن الهيثم كل واحد من المعاني *NOTIONS* المعلومة. خصص ابن الهيثم إذن للمعلومات بحثاً مستقلاً، وحققها رَشْدِي راشد وترجمها وشرحها. ومن بعد فراغه من مقالته في التحليل والتركيب، بين ابن الهيثم فيها مائيات معاني *NOTIONS* الرياضيات. في مقالة التحليل والتركيب يعرض ابن الهيثم للمعلومات الضرورية للتحليل والتركيب، وفي "تربيع الدائرة" يعرض للمعلومات الضرورية في البحث في تربيع الدائرة، أما في "المعلومات"، فيعرض للمعلومات في نفسها.

وفي "مقالة المعلومات". أورد ابن الهيثم مقدمة عرض فيها لنظريته في "المعاني المعلومة" *NOTIONS* *CONNUES*، ثم بحث في القسم الأول^(٣٧) عن "المعاني *NOTIONS* التي لم يذكرها أحد من المتقدمين ولا ذكروا شيئاً من جنسها"، ثم بحث في القسم الثاني والآخر^(٣٨) في "جنس ما ذكره أقليدس في كتاب "المعطيات" *Données*، إلا أنه ليس شيء منه في كتاب "المعطيات". وليس لفظ "المعلوم" لفظاً جديداً إنما هو عائد إلى أقليدس العربي. وترجم حنين بن اسحق لفظ *dedomena* بلفظ "المعلوم" ثم جرت عادة الرياضيين في استعماله على هذا النحو. ومعلوم، لدى ابن الهيثم، هو المعنى الذي لا يتغير سواء اعتقد فيها معتقد أم لا. ومن جهة أخرى، يضيف ابن الهيثم فرقاً آخر يشبه هذه المرة لا أفلاطون إنما أرسطو، وهو الفرق بين المعلوم بالفعل والمعلوم بالقوة^(٣٩)، والاثنتان معلومان فعليان، لكن الفرق يكمن في أن المعلوم بالقوة في انتظار اعتقاد معتقد يعتقد فيه. والمسألة الموروثة عن أسلافه منذ بنى موسي، والتي أنضجها وأثراها، هو التأسيس لثبات أو حركة كائن هندسي متغير أو متحرك. والهندسة التي كانت لا تدرس الحركة ولا التحولات، كانت لا تدرس كذلك هذه المسألة. لكن الأمر تغير من بعد إضافة الحركة والتحويلات الهندسية، كما أدخل أسلاف ابن الهيثم وابن الهيثم نفسه. فهذا الذي ذكره ابن الهيثم، في بحثه عن التحليل والتركيب، هو جميع أقسام المعلومات في التحليل، وجميع المعلومات التي ذكرها أقليدس في كتابه المسمى باسم "المعطيات" تدخل في جملة هذه الأقسام التي ذكرها ابن الهيثم، وفيما ذكره ابن الهيثم شيئاً لم يذكره أقليدس، ألا وهي الأشياء المعلومة الوضع المتحركة. وقد بقي من بعد هذه الأقسام معنى آخر لم يذكره أحد من المتقدمين ولم يجده ابن الهيثم في أعمال الأسلاف. فالمعلوم الوضع هو الذي لا يتغير وضعه. وقد كان الوضع لدى أقليدس واحداً لا يتغير بل يتحدد تحديداً مطلقاً. فأما ما هو الوضع فهو النصبية أو *Tesis* اليوناني القديم، والنصبية تتقوم بالقياس إلى شيء موضوع. والوضع يكون في الجسم ويكون في السطح ويكون في الخط ويكون في النقطة. فالوضع في الجسم ينقسم قسمين:

(١) القسم المضاف إلى شيء ثابت، وهو الذى لا يتنقل ولا يتحرك بضرب من ضروب الحركات. فالجسم المعلوم الوضع المضاف إلى شيء ثابت هو الذى يكون بعد كل نقطة منه من النقط الثابتة الموجودة فى الشيء الثابت بعداً واحداً لا يتغير، وهذا القسم هو الذى يسمى معلوم الوضع بوجه مطلق؛

(٢) القسم المضاف إلى شيء متحرك هو الذى يكون بعد كل نقطة منه من كل نقطة من ذلك الشيء المتحرك بعداً واحداً لا يتغير. فيلزم من ذلك أن يكون المعلوم الوضع الذى بهذه الصفة، متى تحرك الشيء الذى هو مضاف إليه. تحرك ذلك الجسم المعلوم الوضع حركة مساوية لحركته. ويكون أبعاد ما بين كل نقطة منه وبين كل نقطة من الشيء الذى يضاف إليه هى الأبعاد بعينها التى كانت بينهما، كالأجزاء المعين من أجزاء الجسم المتحرك، وكالعضو المعين من أعضاء الإنسان، فإن أبعاد الجزء المعين من أجزاء الجسم ليس تتغير أبعاد كل نقطة منه من كل نقطة من بقيه أجزاء ذلك الجسم، ومع ذلك فإن ذلك الجسم إذا تحرك ذلك الجزء بحركته، وأبعاد كل نقطة من ذلك الجزء من كل نقطة من بقيه ذلك الجسم أبعاد واحدة بأعيانها ثابتة. وهذا القسم يسمى ابن الهيثم باسم "المعلوم الوضع بالقياس". ولا يمكن أن يشار إليه إلا ويشار إلى الشيء الآخر الذى هو معلوم الوضع عنده مع الإشارة إليه. وقد أدخل بن الهيثم الحركة بوضوح للكلام على الوضع، وهو الأمر الذى لم يكن بإمكان أقليدس أن يذكره. فإذا كانت المعلومات تشير لدى أقليدس إلى الوضع، والصورة، والمقدار، بوصفها خواص جوهرية للأشكال فى هندسة لا تدرس سوى الأشكال، فإن المعلومات لدى بن الهيثم، تشير إلى الخواص نفسها، لكن إلى خواص الأشكال والمواضع، التى تتحرك حركة متصلة أو التى تتحول تحولات هندسية معينة. وبالتالي فقد بحث بن الهيثم وأسلافه المباشرين فى جنس ما ذكره أقليدس فى كتاب "المعطيات" *Données*، إلا أنهم صاغوا تصور الموضوع الهندسى وتصور المكان، على نحو لم يرد فى كتاب "المعطيات".

كان البحث الهندسى لدى أقليدس يتعلق بخواص الأشكال وحدها، أما لدى بن الهيثم وأسلافه المباشرين، فقد بدءوا فى البحث فى النسب بين الأشكال فى المكان، ولذلك كتب بن الهيثم بحثه "فى المكان" (٤٠). وصارت المسألة إذن هى مسألة التأسيس لتصور "المعلوم"، ومسألة البحث فى الخواص الثابتة للشكل، والمكان، والموضوع الهندسي، المتحرك أو المتحول. ولم يقدر بن الهيثم ولا من جاءوا من بعده، وعلى مدار ثمانية قرون، أن يجيبوا جواباً رياضياً على هذا السؤال الرياضي. وأجاب الرياضيون جواباً فلسفياً على ذلك السؤال الرياضي.

من هنا أحال بن الهيثم إلى المعلوم العدد، والمعلوم القدر، والمعلوم النسبة (العددي والغير العددي)، والمعلوم الوضع، والمعلوم الصورة :

- إن المعلوم العدد هو الذى لا يتغير عدده، والعدد هو وحده أو جملة مركبة من وحدات، فالمعلوم العدد هو الذى وحداته لا تتغير، أى لا تزيد ولا تنقص.
- المعلوم القدر هو الذى لا يتغير مقداره لأن المعلوم هو الذى لا يتغير. والمعلوم من الشيء المعلوم القدر هو مقداره، فالمعلوم القدر هو الذى لا يتغير مقداره. والمقادير تنقسم قسمين طبيعية وخيالية. فالمقادير الطبيعية هى الأجسام المحسوسة وسطوحها وأبعادها التى هى أطوالها وعروضها وأعماقها. والمقادير الخيالية هى الأبعاد المنتزعة بالتخيل من المقادير المحسوسة، وهذه الأبعاد هى الخط والسطح والجسم التعليمي. وقد حدد هذه المعانى فى كتابه فى شرح مصادرات كتاب أقليدس، ومع ذلك فإن هذه المعانى هى مشهورة عند المهندسين، وشهرتها تغنى عن تحديدها فى هذا الموضوع فالمعلوم القدر هو الذى لا يتغير مقداره، والمقدار هو البعد أو الأبعاد، فالمعلوم القدر هو الذى لا يتغير بعده أو أبعاده، أى لا يزيد بعده أو أبعاده ولا ينقص.
- المعلوم النسبة هو الذى لا يتغير نسبته. والنسبة هى قياس كمية المنسوب إلى كمية المنسوب إليه، وليس تكون النسبة إلا فى مقدارين من نوع واحد ويجتمعان تحت حد واحد. والنسبة تكون فى نوعين هما العدد والمقادير. فأما النسبة التى فى العدد الذى هو أكثر من واحد فإنها ترجع كلها إلى أصل واحد وهو أن أحد العددين يكون أجزاء من العدد الآخر إن نسب الأصغر إلى الأعظم وأن نسب الأعظم إلى الأصغر، وإن نسب المتساويان أحدهما إلى الآخر كان كل واحد منهما أجزاء من الآخر مع تساويهما، وذلك أ، كل واحدة من الوحدات التى فى العدد هى جزء من العدد الآخر، وكل عدد أكثر من واحد فهو وحدات مجتمعة، وكل عدد فهو أجزاء من كل عدد، فكل عددين فإن أحدهما أجزاء من الآخر، فالمعلوم النسبة من الأعداد هما العددان اللذان لا تتغير أجزاء أحدهما من الآخر، أى لا تزيد وحدات كل واحد منهما ولا تنقص. فأما النسبة التى فى المقادير فإنها تنقسم قسمين :

○ نسبة عددية تكون بين مقدارين هى التى تكون نسبة أحد مقاديرها إلى الآخر كنسبة عدد، والتى نسبة أحد مقاديرها إلى الآخر كنسبة عدد إلى عدد هى التى يكون أحد مقاديرها جزءاً من الآخر أو أجزاء من الآخر أعنى أنه يمكن أن نقسم كل واحد منهما بأقسام

متساوية ويكون كل واحد من أقسام أحدهما مساوياً لكل واحد من أقسام الآخر، أو يكون أحدهما بقدر الآخر؛

○ نسبة غير عددية هي التي لا يمكن فيها نسبة أحد مقاديرها إلى الآخر كنسبة عدد إلى عدد هي التي يكون أحد مقاديرها جزءاً من الآخر أو أجزاء من الآخر أعني أنه يمكن أن نقسم كل واحد منهما بأقسام متساوية ويكون كل واحد من أقسام أحدهما مساوياً لكل واحد من أقسام الآخر، أو يكون أحدهما بقدر الآخر.

وتتقسم النسبة المعلومة التي بين مقدارين قسمين :

- أن يكون نسبة أحد المقدارين إلى الآخر كنسبة عدد معلوم إلى عدد معلوم ؛
- أن يكون نسبة أحد المقدارين إلى الآخر كنسبة مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه إلى مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه.

وقد يمكن أن يجمع القسمان تحت هذا القسم فيقال : أن النسبة المعلومة التي تكون بين مقدارين هي التي تكون نسبة أحد مقاديرها إلى الآخر كنسبة مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه إلى مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه، لأن كل مقدارين نسبة أحدهما إلى الآخر كنسبة عدد معلوم إلى عدد معلوم، فقد يمكن أن يوجد مقداران على نسبتهم. فالنسبة المعلومة التي بين مقدارين هي التي يمكن أن يوجد مقداران معلومان على نسبة مقاديرها. وإذا وجد مقداران معلومان على نسبة مقدارين، فالنسبة التي بين ذينك المقدارين ليس تتغير، لأن المقدارين المعلومين اللذين يوجدان ليس يتغيران لأنهما معلومان.

وكذلك السطوح المعلومة الوضع تنقسم قسمين وحالها في أوضاعها كحال الأجسام لا فرق بينهما:

- القسم المضاف إلى سطوح أو خطوط أو نقط ثابتة؛
- القسم المضاف إلى سطوح أو خطوط أو نقط متحركة، فيكون هذا السطوح متحركة بحركة الأشياء التي الوضع مضاف إليها.

وينقسم وضع الخطوط إلى قسمين كقسمة السطوح، وكذلك النقط إذا قيل إن النقطة معلومة الوضع بوجه مطلق فهي التي وضعها مضاف إلى نقطة أو نقط ثابتة وهي التي لا تنتقل ولا تتحرك وإذا قيل : أن النقطة معلومة الوضع بالقياس إلى شيء متحرك فهي التي يكون بعدها من كل نقطة من ذلك الشيء المتحرك بعداً واحداً لا يتغير وإذا تحرك ذلك الشيء تحركت النقطة بحركته، كمركز الدائرة فإن بعده من كل نقطة من محيط الدائرة بعد واحد لا يتغير، ومع ذلك فإن الدائرة إذا تحركت تحرك مركزها معها، ومركز الكرة،

وكرأس المخروط. فالمعلوم الوضع ينقسم قسمين في كل واحد من المقادير التي هي الخط والسطح والجسم والنقط.

- المعلوم الصورة في الأشكال وحدها:

الشكل المعلوم الصورة هو الذي يكون زواياه معلومة ونسب أضلاعه بعضها إلى بعض معلومة. والأشكال تكون في السطوح وفي الأجسام. والأشكال المسطحة قد يكون فيها أشكال معلومة الصورة، والأشكال المجسمة قد يكون فيها أشكال معلومة الصورة.

٢-٥- مجال تطبيق التحليل والتركيب

إن كيفية التحليل هو أن نفرض المطلوب، ثم ننظر في خواص موضوعه اللازمة لذلك الموضوع إلى أن ينتهي إلى معطى المطلوب وغير ممتنع فيه. فهذا هو كيفية التحليل بوجه عام. فإذا انتهى هذا النظر إلى المعنى المعطى، قطع النظر في ذلك المطلوب. والمعطى هو المعنى الذي لا يمكن دفعه.

فأما كيفية التركيب فهو أن يفرض الباحث المعطى، الذي إليه انتهى التحليل، ثم يضاف إليه الخاصة التي وجدت ثم يضاف إليه الخاصة التي وجدت قبل تلك الخاصة، ويسلك في التركيب عكس الترتيب الذي سلك في التحليل، فإنه إذا اعتمدت هذه الطريقة انتهى التركيب إلى المعنى المطلوب، لأنه كان أول موضوع في التحليل. فعند عكس الترتيب يصير الأول آخر، وإذا انتهى الترتيب المعكوس إلى المطلوب الأول المفروض، صار هذا الترتيب قياساً برهانياً، وصار المطلوب الأول المفروض نتيجة له، ويصير المطلوب موجوداً ومع ذلك صحته يقينية، لأنها برهانية.

وأورد ابن الهيثم في "مقالة التحليل والتركيب" أمثلة لجميع ما ذكره، يشرح بها جميع المعاني المحددة، ويتحقق مع ذلك صحة ما حدده، ويتيقن من بعد أن يفصل هذه الصناعة ويرتبها.

٢-٦- تصنيف موضوعات التحليل

وينقسم التحليل بحسب انقسام موضوعاته^(٤١). وموضوعات التحليل هي المجهولات من جزئيات الرياضيات، والمجهولات من جزئيات الرياضيات تنقسم إلى أقسام جميع جزئيات الرياضيات. وجزئيات الرياضيات تنقسم إلى قسمين هما :

يمثل ابن الهيثم فى القسمين العلمى والعملى بأمتلة من جزئيات كل نوع من أنواع الرياضيات ليظهر صحة ما ذكره.

٢-٦-١-١- المعانى الجزئية

٢-٦-١-١-١- المعانى الجزئية النظرية من علم العدد

هى مثل قولنا : كل عددين مربعين فإن نسبه أحدهما إلى الآخر هى نسبه ضلعه إلى ضلعه مثناه. ومثل قولنا : إذا كانت أعداد متوالية متناسبة وكانت أقل الأعداد على نسبتها، فإن كل واحد من الطرفين أول عند الآخر^(٤١).

٢-٦-١-١-٢- المعانى الجزئية النظرية من الهندسة

فأما المعانى النظرية من علم الهندسة فهى مثل قولنا : كل ضلعين من مثلث فهما أعظم من الضلع الباقي. ومثل قولنا : كل مثلث فزواياه الثلاث مجموعة مساويات لزاويتين قائمتين. ومثل قولنا : الأضلاع والزوايا المتقابلة من السطوح المتوازية الأضلاع مساو بعضها لبعض.

٢-٦-١-١-٣- المعانى الجزئية النظرية من الهيئة

أما المعانى النظرية من علم الهيئة، فمثل قولنا : إن مركز فلك الشمس خارج عن مركز العالم ومثل قولنا: إن حركة الجوزاء هى إلى خلاف توالى البروج. ومثل قولنا : إن فلك الكواكب الثابتة أعلى من أفلاك الكواكب المتحركة. فأما المعانى العملية من علم الهيئة، فتكون فى براهينها، وهو مثل أن ننقص نسبة من نسبة أو نضيف نسبة إلى نسبة، أو نخرج من نقطة عموداً على خط من الخطوط المتخيلة فى الهيئة، أو نعمل مثلثاً على خط من خطوط الهيئة. وجميع هذه المعانى ترجع إلى علم العدد أو علم الهندسة. وقد يذكر فيها عمل آلات ترصد بها الكواكب، وليس يدخل فى العلوم الرياضية النظرية كافة.

٢-٦-١-١-٤- المعانى الجزئية النظرية من الموسيقى

أما المعانى النظرية من علم الموسيقى فهو مثل قولنا : الاتفاق الذى بالكل هو مؤلف من الاتفاق الذى بالأربع والاتفاق الذى بالخمس. ومثل قولنا : إن الاتفاق الذى بالكل مرتين مؤلف من خمس عشرة نغمة متفقة. ومثل قولنا : إن الاتفاق الذى بالأربع ينقسم إلى أكثر من طنين. فأما المعانى النظرية من علم

الموسيقى فإنها تأليف النغم، وهى ترجع إلى علم العدد لأنها ترجع إلى تأليف النسب العددية. فأما القسم
العملى الموسيقي، أى العمل باليد، الذى هو نقر الأوتار والآلات وتأليف الأصوات فلا يدخل فى نطاق البحث.

٢-١-٦-٢- القسم العملى

١-٢-١-٦-٢- المعانى الجزئية العملية

١-١-٢-١-٦-٢- المعانى الجزئية العملية من علم العدد

أما المعانى الجزئية العملية من علم العدد، فمثل قولنا : نريد أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما
مربعاً. ومثل قولنا : نريد أن نجد أعداداً متوالية على نسبة واحدة كم شئنا. ومثل قولنا : نريد أن نجد العدد
الثام.

٢-١-٢-١-٦-٢- المعانى الجزئية العملية من الهندسة

أما المعانى العملية من علم الهندسة، فمثل قولنا : نريد أن نعمل مثلثاً متساوى الأضلاع على خط مستقيم
مفروض. ومثل قولنا : نريد أن نعمل على خط مفروض زاوية مساوية لزاوية مفروضة. ومثل قولنا : نريد
أن نعمل مربعاً مساوياً لشكل مفروض.

وينقسم القسم العملى فى الرياضيات إلى قسمين :

٢-٢-١-٦-٢- القسم العملى المحدود

١-٢-٢-١-٦-٢- القسم العملى المحدود فى علم العدد

مثل قولنا فى جزئيات علم العدد : نريد أن نقسم عددين معلومين بنسبتين معلومتين، فإن لم يشرط أن
تكون إحدى النسبتين أعظم من نسبة أحد العددين المقسومين إلى الآخر، وتكون النسبة الأخرى أصغر من
نسبة العددين المقسومين أحدهما إلى الآخر، لم يمكن أن يقسم ذينك العددان على تينك النسبتين، وهذا الشرط
يسمى تحديداً. ومثل قولنا : نريد أن نجد أعظم عدد يعد عددين معلومين، فإن لم يشرط فى العددين أنهما
مشاركان، لم يمكن أن يوجد عدد يعدهما، وهذا الشرط هو التحديد. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً ثالثاً
مناسباً لعددين معلومين، فإن لم يشرط فى العددين أنهما مشاركان لم يمكن وجود عدد ثالث مناسب للعددين.

فأما المحدود فى جزئيات الهندسة فمثل قولنا : نريد أن نعمل من ثلاثة خطوط مفروضة مثلثاً، فإن لم نشترط فى الخطوط أن يكون كل اثنين منها أعظم من الثالث، لم يمكن أن نعمل من الخطوط الثلاثة مثلثاً. ومثل قولنا : نريد أن نخرج فى دائرة معلومة وترأ مساوياً لخط معلوم، فإن لم نشترط فى الخط أنه ليس بأعظم من قطر تلك الدائرة، لم يمكن إخراج الوتر فيها. ومثل قولنا : نريد أن نخرج من نقطة معلومة إلى خط مستقيم معلوم خطأ يكون عموداً عليه، فإن لم نشترط فى الخط أنه غير متناه، فربما لم يمكن ذلك فيه. فهذه الشروط الثلاثة هى تحديد هذه الأشكال الثلاثة.

٢-٦-١-٢-٣- القسم العملى الغير المحدود

٢-٦-١-٢-٣-١- القسم المحدود غير السىال : ليس له إلا جواب واحد

٢-٦-١-٢-٣-٢- القسم المحدود السىال : ما له عدة أجوبة

٢-٦-١-٢-٣-٢-١- القسم المحدود السىال من علم العدد

نريد، تمثيلاً لا حصراً، أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مربعاً، وهذا القول يكون له عدة أجوبة، أى أنه بالإمكان قيام مربعات كثيرة بلا نهاية يكون كل اثنين منهما مجموعهما مربع. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً فيه أجزاء مفروضة، وقد توجد أعداد كثيرة بلا نهاية مل واحد منها له تلك الأجزاء بعينها.

٢-٦-١-٢-٣-٢-٢- القسم المحدود السىال من الهندسة

نريد، تمثيلاً لا حصراً، أن نعمل دائرة تماس دائرتين معلومتين مفروضتين. فإن هذا المعنى بالإمكان حمله على وجوه عدة:

- بالإمكان أن تكون الدائرة المعلومة تماس الدائرتين بتحديثها لتحديثى الدائرتين؛
- بالإمكان أن تماس إحدى الدائرتين بتحديثها (لتحديثها) وتماس الأخرى بتحديثها لتحديث الأخرى؛
- بالإمكان أن تماس كل واحدة من الدائرتين بتحديثها لتحديثى الدائرتين، فيكون عمل هذه الدائرة بثلاثة أوجه ؛

أ- نريد أن نخرج من نقطة مفروضة خطأ مستقيماً يماس دائرة مفروضة. وهذا العمل يقع على وجهين:

ب- إذا وصل بين تلك النقطة وبين مركز الدائرة بخط مستقيم أمكن أن نخرج من تلك النقطة خطين عن جنبتي ذلك الخط، كل واحد منهما يماس الدائرة.

ج- قد يقع في المسائل غير المحدودة ما يكون سيالاً.

٢-٦-٢- عودة إلى القسم النظرى

يكون من جنس واحد إلا أنه قد يمكن أن يحلّ الجزء الواحد النظرى بوجوه عدة، إلا "أنه ليس تخرج تلك الوجوه من أن تكون من جنس واحد، وذلك أن المبحوث عنه إذا كان نظرية فتحليله ينبغى أن يكون بطلب خواص موضوع ذلك المعنى المبحوث عنه وحده. وأن حلل بوجوه عدة، أى إن سلك فى تحليله مسالك عدة، فليس يكون تحليله فى كل واحد من الطرق إلا بطلب خواصه وحدها من بعد أن يفرض ذلك المطلوب معطى تاماً. وإن يوجد لذلك المطلوب بوجه من الوجوه خواص تؤدى إلى خاصة موجودة له متى ركبت مع غيرها أنتجت ذلك المطلوب، فينبغى للمحلل أن يزيد على ذلك الموضوع زيادات لا تخرجه عن حقيقته، ثم ينظر فى خواص ذلك الموضوع مع الزيادة، فإنه لا بد أن يحدث له خواص أخرى من أجل تلك الزيادة، فإن تم بتلك الزيادة التحليل فهو الذى إذا عكس أنتج المطلوب، والحدس هو الذى به يتصيد المقدمات، وهذا الحدس هو الذى ذكره ابن الهيثم فيما تقدم من هذا القول، والقانون فى هذا الحدس هو أن يتطلب زيادة متى أضيفت إلى الموضوع الأول حدث من مجموعهما خاصة أو خواص لم تكن موجودة قبل تلك الزيادة. فإن أدت هذه الطريقة لم يكن بد من أن ينتهى إلى خاصة معطاة أو خاصة باطلة. فإن انتهت هذه الطريقة إلى خاصة معطاة فيصح المعنى المبحوث.

ثم إن التحليل إذا أدى إلى خاصة معطاة حقيقية، فإن ذلك التحليل إذا ركب تبيننت منه بالبرهان صحة المعنى المبحوث. وإذا أدى التحليل إلى مفروض محال دل ذلك على أن المعنى المبحوث عنه محال. ويكون ذلك التحليل بعينه برهاناً على بطلان الدعوى، إذا جعل التحليل برهاناً بالخلف، لأن برهان الخلف هو أن نفرض الدعوى على ما ادعى فيها وينظر فيما يلزم منها. والتحليل المؤدى إلى المحال قد فرض فيه الدعوى على ما ادعى فيها ثم نظر فى لوازمها، فأدت تلك اللوازم إلى المحال، فالتحليل المؤدى إلى المحال هو برهان بالخلف على بطلان المعنى المبحوث. فعلى هذه الصفة يكون تحليل الجزئيات النظرية من المعانى الرياضية وتركيبها.

٢-٦-٣-١- الحيل

إن أول ما ينبغي أن يعمل به المحلل في تحليل الأجزاء العملية من بعد أن يفرض المطلوب هو أن ينظر في خواصه اللازمة له إذا كان موجوداً على الصفة المطلوبة في العمل، وينظر ما يلزم في خواصه وما يلزم من لوازمها إلى أن ينتهي إلى معطى على مثل ما بين في تحليل القسم النظري. فإن لم يظهر للمحلل خواص تؤدي إلى المطلوب زاد في الموضوع زيادات تتولد منها خواص على ما مثلنا في القسم النظري وينظر في خواص ما يحدث إلى أن ينتهي إلى معطى. فإذا انتهى إلى معطى فحينئذ ينظر في كل واحد من تلك الخواص: كيف بالإمكان أن توجد تلك الخاصة؟ كيف يعمل الحيلة في وجودها ووقوعها وإخراجها إلى الفعل على الصفة التي تلزم من صورة المعنى المطلوب وجوده؟ وفي تأمله لكيفية وجود كل واحد من تلك الخواص وتمحل الحيلة في إخراج تلك الخاصة إلى الوجود يظهر أن تلك الخاصة تحتاج إلى شرط وتحديد أولاً تحتاج:

٢-٦-٣-١-١- احتياج الخواص إلى شرط

إن كانت من الخواص التي تحتاج إلى شرط فإنه يظهر له أن تلك الخاصة ربما لم يمكن أن توجد ولا يقع وجودها. وربما أمكن أن توجد، فعند هذا الترجيح يظهر أن المطلوب يحتاج إلى تحديد، فحينئذ يجب أن يفرض وجود تلك الخاصة أو ذلك المعنى الذي ترجح وجوده وينظر متى يمكن أن يتم ومتى لا يمكن أن يتم، فإذا تحررت له الصفة التي معها يتم وجود تلك الخاصة أو ذلك المطلوب فقد تم التحليل وتم وجود المطلوب؛

٢-٦-٣-١-٢- امتناع الحاجة إلى شرط

إن كان في تأمله وتمحله لكيفية وجود الخواص والمعاني التي بها يتم المطلوب لا يعترضه في وجودها محال يمنع من شيء منها فإن ذلك المطلوب لا يحتاج إلى شرط ولا إلى تحديد. فعند هذه الحال يعتمد إخراج تلك الخواص التي ظهرت إلى الفعل ووما يعمل في إخراجها لتلك الخواص وتلك المعاني إلى الفعل يظهر له أن تلك الخواص لا تتم إلا على وجه واحد، فالمطلوب غير سيال، وإن كانت الخواص أو واحده منها تتم بعده وجوه فإن ذلك المطلوب يتم بعده وجوه. فإن انتهى التحليل في هذا القسم إلى المحال فإن ذلك المطلوب لا يتم.

تحديد النتائج : الفرق بين النظرية وبين التطبيق

جميع هذه الأقسام التي هي تحليل القسم العملي من جنس واحد، وطريق تحليلها هو "شبيه" بتحليل القسم النظري، إلا أن الفرق بين تحليل القسم النظري وبين تحليل القسم العملي هو أن :

- تحليل القسم النظري هو بحث عن خاصية هي للمعنى المطلوب المبحوث عنه وموجودة فيه؛
- تحليل القسم النظري هو بحث عن طريق وجود المعنى، وإخراجه إلى الفعل هو إخراج كل واحدة من الخواص التي تظهر في التحليل إلى الفعل.

وهكذا فقد نهض بحث ابن الهيثم في قضية التحليل والتركيب على التقسيم الرباعي للعلوم الرياضية : العدد، الهندسة، الموسيقى، الفلك. وقد اشتهرت هذه المجموعة الرباعية في العصر الوسيط في أوروبا. يلتزم ابن سينا والكندی المجموعة الرباعية، فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة في مدرسة الإسكندرية التي عنيت بالغ العناية بالرياضيات والتي نبغ فيها أقليدس صاحب الهندسة وبطلميوس صاحب المجسطي. هذا الترتيب هو المأثور عن مدرسة الإسكندرية، وهو الترتيب الذي بقي حتى العصر الوسيط في أوروبا اللاتينية، ما استقر الترتيب في العصور المتأخرة في اللغة العربية في قولهم : الحساب، الموسيقى، الهندسة، الفلك. لكن بن الهيثم استغنى عن ذلك التقسيم "في المعلومات". ولم يلتزم الخوارزمي في تصنيفه القسمة الرباعية، ولا كذلك الفارابي الذي جعل العلوم الرياضية سبعة، مضيفا علم المناظر والأثقال والحيل. كذلك لم يلتزم الكندي في ترتيبه للعلوم الرياضية تصنيفا واحدا. فهي تارة علم العدد والتأليف والهندسة والتنجيم، وتارة أخرى، العدد والهندسة والفلك والموسيقى. كذلك لم يلتزم بن الهيثم في ترتيبه للعلوم الرياضية تصنيفا واحدا. فهي تارة، "في تحليل والتركيب" علم العدد والهندسة والفلك والموسيقى، وتارة، "في المعلومات" تنقسم إلى أقسام أخرى. ففي بحثه "في المعلومات" يتركز تفكير بن الهيثم في الهندسة وحدها دون غيرها من العلوم الرياضية الأخرى.

وفي المدخل إلى البحث في "المعلومات"^(٤٦) تخلى بن الهيثم عن التقسيم الرباعي للعلوم الرياضية : العدد، الهندسة، الموسيقى، الفلك، واستعان بلغة "المقولات" الأرسطية. فقد استهل البحث بتقسيم للمعاني كافة إلى قسمين : الكمية، واللاكمية. وقصر بحثه على الكمية. وقسم الكمية قسمين : الكمية المنفصلة، والكمية المتصلة. والكمية المنفصلة تنقسم قسمين هما : حروف الألفاظ والعدد. فالذي تشتمل عليه مقالة المعلومات من المعاني المعلومة هي المعاني التي تختص بحروف الألفاظ، والمعاني التي تختص بالعدد، والمعاني التي تختص بالخطوط، والمعاني التي تختص بالسطوح، والمعاني التي تختص بالأجسام، والمعاني التي تختص بالأثقال، والمعاني التي تختص بالزمان. وأما المعاني التي تختص بالعدد فتتقسم أربعة أقسام : مائة العدد، كمية العدد، خواص "طبيعة" *NATURE* العدد (العدد التام، والزائد، والناقص، والمربع، والمكعب...)، واقتران بعض الأعداد ببعض كالاشتراك والنسب والزيادة والنقصان والكل والجزء. لكن بن الهيثم لا يدرس المعاني التي تختص بالعدد في أي موضع من مواضع قسمي البحث في المعلومات، دراسة تطبيقية. والكمية

المتصلة تنقسم إلى خمسة أقسام هي : الخط، والسطح، والجسم، والنقل، والزمان. فالذى تشتمل عليه مقالة المعلومات من معانى الكمية المتصلة المعلومة هي المعانى التى تختص بالخط، والسطح، والجسم، وحسب.

وهذا التصنيف تقليدي. لكن محتوى التصنيف متميز. فحين يدرس جانباً من جوانب شكل من الأشكال الهندسية، فهو يربط هذا الجانب بالجوانب الأخرى، فيدرس مقداره، ووضعه، وصورته، وعلاقتها بالجوانب الأخرى، وبخواص المكان. فحين يعرف بن الهيثم المعلوم الوضع، يدرس ثلاثة معانى : الحركة، والترتيب، والقياس. وأما المعلوم الوضع الذى يختص بالنقطة، أى بنهاية الخط، فهو بعدها من نقطة أخرى متخيلة أو موجودة فى النقط، إذا كان ذلك البعد أو تلك الأبعاد لا تتغير. وهذا المعنى ينقسم لثلاثة أقسام :

(١) أن تكون النقطة نفسها المعلومة الوضع ثابتة والنقطة أو النقط المتخيلة أيضاً ثابتة، ولا تتحرك واحدة منها بضرب من ضروب الحركة؛

(٢) أن تكون النقطة المتخيلة ثابتة، والنقطة المعلومة الوضع متحركة حول النقطة الثابتة حركة مستديرة والبعد الذى بينهما لا يتغير؛

(٣) أن تكون النقطة المعلومة الوضع بعدها من نقطة متخيلة بعد لا يتغير، أو أبعادها من نقط متخيلة أبعاد لا تتغير، وتكون النقطتان ذو جميع النقط متحركة حركة متساوية فى جملة واحدة، والأبعاد التى بينها وبين النقط لا تتغير، فهذان المعنىان هما معلومان ويختصان بالنقطة.

الخط المعلوم الوضع :

(١) الخط المعلوم الوضع بالقياس إلى النقاط الثابتة هو الخط الذى لا يتحرك بضرب من ضروب الحركة ما سوى الزيادة والنقصان، وهو الذى مسافات النقط التى عليه من كل واحدة من نقطتين أو أكثر من نقطتين من النقط الثابتة مسافات لا تتغير، والخط الذى بهذه الصفة يسميه بن الهيثم باسم الخط المعلوم الوضع على الإطلاق، من غير شرط ولا إضافة، كان الخط مستقيماً أو غير مستقيم؛

(٢) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى نقطة واحدة ثابتة، فهو مسافات التى بين كل نقطة تفرض على الخط وبين النقطة الثابتة، إذا كانت المسافات لا تتغير. والخط الذى بهذه الصفة يسميه بن الهيثم باسم الخط المعلوم الوضع بالقياس إلى النقطة الثابتة. وليس يكون هذا الخط معلوم الوضع بوجه مطلق؛

٣) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى خط آخر متحرك أو غير متحرك. قد يحفظ الخط المعلوم الوضع المسافات بينه وبين النقطة الثابتة، وإن كان متحركاً. بإمكان هذا الخط أن يتحرك حول النقطة الثابتة وتكون المسافات التى بين النقط التى عليه وبين النقطة الثابتة لا تتغير، وذلك أنه إذا وصل بين نهايته وبين النقطة الثابتة بخطين مستقيمين، وحرك المثلث الذى يحدث من الخط ومن الخطين الخارجين من نهايته إلى النقطة الثابتة حول النقطة الثابتة، فإن مسافات النقط التى على الخط من النقطة الثابتة لا تتغير ويكون الخط مع ذلك متحركاً، كان الخط مستقيماً أو غير مستقيم. وإن كان الخط محيط دائرة، وكان متحركاً حول مركزه، فإن أبعاد النقط التى عليه من النقطة الثابتة - التى هى مركزه - لا تتغير. فالخط المعلوم الوضع بالقياس إلى نقطة واحدة ثابتة هو الخط الذى أبعاد النقط التى عليه من النقطة الثابتة مسافات لا تتغير، كان الخط ثابتاً غير متحرك أو كان متحركاً على الاستدارة حول النقطة الثابتة، كان الخط مستقيماً أو كان غير مستقيم؛

٤) المعلوم الذى يختص بوضع الخط من نقطة متحركة أو نقط متحركة؛

٥) المعلوم الوضع بالقياس إلى خط ثابت؛

٦) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى خط متحرك؛

٧) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى سطح ثابت؛

٨) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى سطح متحرك.

وأما المعلوم الوضع الذى يختص بالسطح، وبالجسم، فأبن الهيثم يحددهما بالطريقة نفسه سالفة الذكر، كما درس المعانى الأخرى : المعلوم الصورة، المعلوم المقدار، المعلوم النسبة. من هنا صارت الحركة معنى أولياً من معانى الهندسة، ومعنى ضرورياً لتعريف الوضع وصورة الكمية الهندسية، وصارت ضمان الاتصال. وبصفته وريث أرشميدس وأبولونيوس، فرق بن الهيثم بين خواص الوضع والخواص المترية. وإذا كان بإمكانه أن يقيس خواص الوضع بالمسافات والزوايا، أى إذا كان بإمكانه أن يقيس خواص الوضع قياساً مترياً، فإنه وصف، مع ذلك، خاصية الوضع فى نفسها. من هنا فقد حدد بن الهيثم وضع نقطة، تمثيلاً لا حصراً، من دون الاستعانة بنظام الإحداثيات إنما من خلال علاقتها بالنقط، بالخطوط، الثابتة أو المتحركة، وأسس بذلك "الهندسة الوصفية" بنحو خاص. وكان هدف بن الهيثم "فى المعلومات" هو تحديد العلاقات الثابتة التى تؤسس لوصف الوضع، الصور، الكمية، العلاقة. وتمثل مجموعة العلاقات الخاصة بكل تصور على حدة

فصلاً من فصول الهندسة اللاحقة أو تمثل مجموعة العلاقات الخاصة بكل تصور على حدة فصلاً من فصول هندسة "المعلومات".

ثالثاً : التحليل التوافيقي وتصور الوجود لدى نصير الدين الطوسي

(فى طوس ١٢٠١ - فى بغداد ١٢٧٣ {٥٩٧ هـ - ٦٧٢ هـ})

بحث رشدى راشد فى مسألة العلاقة المعقدة بين التحليل التوافيقي والتحليل الميتافيزيقي عند نصير الدين الطوسي وغيره من الرياضيين المسلمين، أمثال ابن سينا وإبراهيم الحلبي، بحث رشدى راشد فى هذه المسألة بوصفها مسألة نقلت العقل الإنسانى من العصر القديم إلى القرن السابع عشر الميلادى من دون انقطاع، مما وضع العلم العربى، فى هذا الموضع، من جديد، فى متن الحداثة الكلاسيكية، ومن دون أن يقع التحليل الفلسفى العربى فى إطار من "العصور الوسطى" المعهودة.

وقد سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى تطبيق العلماء التحليل التوافيقي فى أغلب الأوقات فى الجبر وعلم اللغة والفلسفة. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى شرع جاك برنوللى (Jacques Bernoulli) ومونمور (Montmort) فى التحليل التوافيقي فى ضوء مقتضيات العلم الجديد، وحدود مسائل التجزئة لمجموعة حوادث وليس بالضرورة لمجموعة أعداد.

وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا بعض طرائق هذا التحليل وطبقوها. فى هذا الموضع بالدقة، كشف الرياضيون واللغويون العرب عن التحليل التوافيقي. وكان العلماء العرب يميزون محتوى التحليل التوافيقي من دون اسمه الحديث المعروف. وفى حين أن الجبرى كان لا يرى فى وسيلة عالم اللغة، وسيلته الخاصة، فإن عالم اللغة كان يحاول ابتكار ما سبقه إليه الجبرى. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية، ولم يدل دلالة متميزة على التحليل التوافيقي. فبدا عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقاً توافيقيه بنحو مستقل. أما الجبرى فكان يسمى بعض الطرائق التى لم تكن قد أصبحت بعد نشاطاً معيناً باسم التحليل التوافيقي. غير أن التساؤل حول الانفصال فى الوعى النظرى - وحدة التحليل التوافيقي - قضى بالتفريق بين اللغة العلمية والجبر. فإذن كان التحليل التوافيقي عند اللغوى هو وسيلة لتنظير ممارسة قديمة، فهو لا يشكل عند الجبرى سوى قاعدة تقنية لمسألة نظرية. فهو لا يشكل عند الجبرى سوى تصوراً آخر للجبر أو مشروعاً لجبر مستقل بنفسه. إن التحليل التوافيقي وسيلة لدى اللغوى والجبرى معاً. ويبدو التحليل التوافيقي مرة كوسيلة لحل مسألة تطبيقية بشكل نظرى، ومرة ثانية كوسيلة منتجة فى أثناء حل مسألة نظرية. إن اختلاف

المشروع هو السبب في تجاهل كل من الجبري واللغوي أحدهما للآخر. إن هذين الاتجاهين -الجبري واللغوي- للتحليل التوافقي مهما بدا مختلفين، فهما يشتركان في تغيير الصلات بين تصوري العلم والفن.

وقد دل تأسيس استقلال الجبر على تأسيس الجبر كعلم. وعاد ذلك إلى الإقرار بأن كل علم هو فن، وإلى أنه قد يظهر العلم من دون أن يحدد موضوعاً بعينه، لأنه يقارب موضوعات عدة - الحساب والهندسة، تمثيلاً لا حصراً. إن عالم اللغة بفهمه للمعالجة النظرية لفن ما، كفن المعجم، تمثيلاً لا حصراً، يلغى فرقاً قديماً بين العلم والفن. وكان ذلك الإلغاء للفرق بين العلم والفن، بين النظرية والممارسة، أساس الكلام العنصري حول الروح العملية للعلم العربي في مقابل الروح النظرية للعلم اليوناني.

يعود التطبيق الأول إلى التحليل التوافقي في الجبر إلى القرن الحادي عشر الميلادي. وينسب التطبيق الأول إلى التحليل التوافقي في الجبر، على وجه الدقة، إلى عمر الخيام (١٠٤٨ - ١١٣١). وسبق أن أشرنا إلى العلاقة بين عمر الخيام وابن سينا. وقال الشيخ شمس الدين الشرواني الصوفي للإمام شمس الدين محمد بن إبراهيم المعروف بابن الأكفاني، إنه قرأ "الإشارات والتنبيهات" لأبي علي بن سينا بشرحها على شارحها نصير الدين الطوسي.

ونصير الدين الطوسي^(٤٣) هو محمد بن محمد بن الحسن العالم نصير الدين، أبو عبد الله الطوسي الفارسي الفيلسوف الباحث في العلوم الرياضية والرصد، وكان عارفاً بعلوم اليونان لاسيما في الأرصاد والمجسطي. قرأ نصير الدين الطوسي على المعين سالم بن بدران المصري المعتزلي الرافضي، وعلى الشيخ كمال الدين بن يونس الموصلی وكان يعمل في الوزارة لهولاكو. وكان يخالط الشيعة والعلويين. عمل نصير الدين الطوسي الرصد بمدينة مراغة، وكان من أعوانه على الرصد من العلماء قطب الدين محمود الشيرازي، ومؤيد الدين العروضي الدمشقي، ونجم الدين القزويني، ومحبي الدين الاخلاطي، ومحبي الدين المغربي ونجم الدين الكاتب البغدادي.

وله مصنفات في العلوم الفلسفية والدينية على مذهب الإمامية، ومن بينها "تحرير أصول الهندسة لأقليدس" (روما، ١٥٩٤م، كلكتة، ١٨٢٤م، لندن، ١٦٥٧، فاس على الحجر، ١٢٩٣ ج ٢، الأستانة، ١٢١٦، القسطنطينية)، و"شكل القطاع أو تربيع الدائرة". وكان "تحرير أصول الهندسة لأقليدس" أشهر تحرير لكتاب "الأصول"، وأضاف إليه ما يليق به مما استفاد واستنبط، وعلى تحرير حاشية للشريف الجرجاني وموسى ابن محمد المعروف بقاضي راده الرومي بلغ إلى آخر المقالة السابعة. وله كتاب في شرح كتاب الإشارات والتنبيهات في المنطق والحكمة للشيخ الرئيس أبي علي الحسين بن عبد الله الشهير بابن سينا (٤٢٨ ت)، وكان رداً على شرح أو "جرح" فخر الدين محمد بن عمر بن الحسين، الخطيب الرازي (٦٠٦ ت)، وسماه "بحل مشكلات الإشارات". ووازن قطب الدين محمد بن محمد الرازي المعروف بالتحفاني (٧٦٦ ت) بين

الشارحين، الطوسي والرازي، بتوجيه من قطب الدين الشيرازي. ولبدر الدين محمد اسعد اليماني والتستري كتاب في المقارنة بين شرح الطوسي وشرح الرازي. وعلى أوائل شرح الطوسي حاشية للمولى شمس الدين احمد بن سليمان الشهير بابن كمال باشا (٩٤٠ ت)، وله حاشية على نقد قطب الدين محمد بن محمد الرازي المعروف بالتحتاني (٧٦٦ ت)، ولحبيب الله الشهير بميرزا جان الشيرازي (٩٩٤ ت)، حاشية على شرح الطوسي. ومن شروح "الإشارات والتنبيهات" لأبي على بن سينا، أيضاً، شرح سراج الدين محمود ابن ابي بكر الارموي (٦٨٢ ت)، وشرح الإمام برهان الدين محمد بن محمد النسفي الحنفي (٦٨٨ ت)، وشرح عز الدولة سعد بن منصور المعروف بابن كمونة (٦٧٦ ت) وسماه "شرح الأصول والجمال من مهمات العلم والعمل، وشرح رفيع الدين الجبلي (٦٤١ ت)، و"نظم الإشارات" لأبي نصر فتح بن موسى الخضراوي (٦٦٣ ت)، ومختصرها لنجم الدين بن اللبودي (محمد ابن عبدان الدمشقي الحكيم (٦٢١ ت)).

في ضوء هذا المشروع العلمي، صاغ نصير الدين الطوسي العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، صياغة متميزة. فقد اقتبس الفيلسوف من الرياضيات أداة لحل مسألة الفيض المنطقية-الميتافيزيقية^(٤٤). وقد أثر حل المسألة المنطقية-الميتافيزيقية بدورها في تقدم الرياضيات. وكان التبادل بين التوافق والميتافيزيقا نموذجاً دالاً على هذه الحركة المزدوجة بين الرياضيات والفلسفة. وكشف في نظرية ابن سينا عن صدور الكثرة عن الواحد عن وسيلة لتطبيق التوافق الجبرية على نظرية الفيض. وفيما كان يبحث عن حل رياضي لمسألة صدور الكثرة من الواحد، أضاف نصير الدين الطوسي إلى نظرية ابن سينا في الفيض، المقاربة التوافقية-الجبرية.

و سبق أن أشرنا أن حركة الترجمة التي نشطت في القرن الثالث الهجري، لا سيما في عهد الخليفة المأمون، جعلت الرياضيين المسلمين يصوغون فكراً متميزاً عن الفكر اليوناني. من بين المؤلفات اليونانية العديدة التي نقلت إلى العربية، كان هناك كتاب بعنوان "تولوجيا أرسطو" له أهمية خاصة، إذ أنه فتح أفقاً جديدة للفكر الإسلامي. هذا الكتاب المنسوب خطأ إلى أرسطو هو في الواقع مجموعة لبعض تساعيات أفلوطين، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية. يدور كتاب "تولوجيا أرسطو" على فلسفة فيض العالم عن كائن أول (الواحد) ويجعل سلسلة من الوسطاء بين هذا الكائن الأول والإنسان.

هذا الكتاب المنسوب خطأ إلى أرسطو هو إذن مجموعة لبعض "تساعيات" أفلوطين، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية. كانت فكرة أفلوطين، هي فكرة الفيض أو الصدور *Emanation*، وهي الفكرة التي توفق بين تعالى الأول عن كل الموجود، وبين حضور قواه في الموجودات كلها. فبواسطة فكرة الفيض بالإمكان أن يظل الأول في تعاليه، ويكون أشبه بمصدر النور يشع من دون أن يفقد من نفسه شيئاً، ويضئ الأشياء البعيدة

من دون أن ينتقل إليها. إن فيض النور أقرب إلى توضيح فكرة امتداد فاعلية الأول إلى الأشياء كلها من دون أن يفقد شيئا من نفسه، لأن الضوء عند أفلوطين طاقة لا مادية تبعث من دون فقدان شيء.

و قد قامت فكرة أفلوطين، عن الفيض أو الصدور *Emanation*، في الإطار العام لفلسفة أفلوطين في وحدة الوجود، حيث يتدرج العالم، وتتسلسل مراتب الوجود بدءاً من المركز الأول، وتمتد حتى أكثر درجات الوجود تفوقاً. ومن شأن تدرج الموجودات هبوطاً من المبدأ الأول، أن يتحرك حركتين أساسيتين : حركة هابطة وحركة صاعدة. أما الحركة الهابطة فهي وصفية عقلية، يسير موكب الوجود من الواحد تدريجاً حتى ينتهي إلى المادة، وأما الحركة الصاعدة فهي في ارتقاء هذا السلم مرة أخرى، والعودة إلى الواحد الأول. وهذه العودة إلى الواحد الأول هي عودة عينية أو حركة صوفية، أساسها تصفية النفس حتى يتسنى لها الارتقاء تدريجاً، والعودة إلى الاتحاد بمصدرها الأول. وإذا كان الاستدلال العقلي هو أساس إدراكنا للحركة الهابطة، ولا يعود في وسعنا أن نصل، في العودة إلى الواحد الأول، إلى الموجود العالي إلا من خلال الاتحاد الصوفي. ولقد كان أفلوطين يركز اهتمامه تارة على الحركة الكونية، حركة الهبوط التي تصف الفاعلية التلقائية للواحد، وتارة أخرى على حركة العودة، أي حركة النفس في عودتها إلى الواحد الأول. ففي وصفه للحركة الأولى كان فيلسوفاً ميتافيزيقياً، وفي وصفه للثنائية كان متصوفاً روحياً. لذا فهي فلسفة ميتافيزيقية- صوفية، حائرة بين الوحدة والكثرة، بين العقل والروح. فوحدة العقل بدورها ليست مطلقة، إذ أن كل عقل وتفكير - حتى لو كان تفكيراً للعقل في ذاته- ينطوي على نوع من الثنائية : إذ يضع العقل ذاته كموضوع يفكر فيه، أي أن فكرة العقل تتضمن بالضرورة ثنائية الذات المفكرة وموضوع التفكير.

و يسمى أفلوطين المبدأ الأول بالواحد أو الخير. فإذا شئنا أن ننسب إلى هذا الواحد صفات، لتبين لنا استحالة وصفه بأية صفة من الصفات المألوفة التي تنطبق على الموجودات الأدنى. بل أن صفة الوجود ذاتها، إذا ما نسبناها إليه، لكانت تنطوي على نوع من الثنائية، إذ أننا سنحمل عليه الوجود، فيكون هناك موضوع، ومحمول يحمل عليه، وبهذا يفقد الأول وحدته المطلقة. لا نصف الموجود الأول بأية صفة إيجابية، بل نكتفي بالوصف السلبي ونؤكد أنه بخلاف كل ما نعلم وحسب. وأقصى ما يمكننا أن نطلق عليه من صفات إيجابية، هو تأكيد كماله المطلق بالقياس إلى ما عداه. والواقع أن الواحد، بهذه الصفات، يقترب من الفهم الحديث.

عن الوحدة، إذن، تصدر مراتب الموجودات كافة. ولأفلوطين في وصف هذا الصدور تشبيهات مختلفة، أشهرها تشبيه فيض النور من منبعه، وفيض الماء من ينبوع، وصدور أنصاف الأقطار عن المركز. يبقى المصدر أو المركز الأول ثابتاً، مع خروج غيره منه. فالواحد حين يخلق الموجودات لا ينتشر أو يتغلغل فيها، أو يأخذ من ذاته ليعطيها، بل يظل في وحدته الأصلية، ولا يخرج عن ذاته. ومع ذلك يفيض موكب الموجودات عنه في عملية تسير سيرا منتظماً من البداية إلى النهاية، وتتحكم فيها ضرورة واحدة، وقانون

واحد. وكذلك الحال في كل مبدأ آخر. إن كل موجود يكون في المبدأ السابق عليه، لا يعني وجود علاقة مكانية بينها، أي احتواء المبدأ الأول على التالي له، بل إن التالي يعتمد السابق ويتوقف عليه، وكل لفظ يعبر عن علاقة إنما هو تشبيه.

وخير ما يعبر عن هذا المعنى الخاص الذي يحمله، كما أسلفنا، تصور وحدة الوجود عند أفلوطين، هو فكرة الفيض أو الصدور *Emanation*، وهي الفكرة التي توفق بين تعالى الأول، وبين حضور قواه في كل الموجودات.

و كشف الفارابي في النظام الفيضي عن حل منطقي لجميع مسائل الوحي. لجأ الفارابي أولاً إلى ذلك الكتاب، سالف الذكر، "أثولوجيا أرسطو"، ليوفق بين أفلاطون وأفلوطين. وبعد هذه المحاولة الأولى، حاول الفارابي محاولته الثانية التي عرضها في كتابه عن "آراء أهل المدينة الفاضلة"، وقام فيما بعد الفارابي، ابن سينا، بعرض أوفى لهذه المسائل، كما سنعرض لذلك في الفصل الثاني من هذا الباب.

يشيد الفارابي فلسفته على هذه البديهة العقلية وهي أننا نستنتج حتماً من وجود الكائنات الحادثة، إذ يستحيل التسلسل في مجموعة الكائنات الحادثة وإلا لما وجد شيء. وإذا سلمنا بوجود الكائن الواجب الوجود، الواحد، البسيط، المطلق الكمال، الله، بقي علينا أن نعلل وجود باقي الكائنات. إن فلسفة افلوطين الفيضية (المنسوبة خطأ إلى أرسطو في كتاب اثولوجيا الآنف الذكر) تقدم حلاً لهذه المسألة، أعني مسألة وجود العالم. فالقول بخلق العالم من عدم قول لا يقبله العقل : كيف يكون الشيء من لا شيء ؟ إن مسألة الخلق من عدم ليس لها أثر في الفكر اليوناني الذي لا يسلم بالوجود من اللاوجود، ولا يقر ألا بالوجود من موجود، الأمر الذي جعل فلاسفة اليونان يقولون بقديم العالم، أو بقديم مادة العالم، وبحدوث نظامه وأصبح المبدأ القائل بأن الكائن يفيض من كائن آخر مبدأ مقبولاً. ولكن فلسفة الفيض هذه تصطدم بمسألة أخرى وهي : كيف من الكائن الواحد البسيط يفيض المتعدد؟

لما كان العقل صادراً عن الأول، فهو حادث، أي تابع له، فهو حادث بالتبعية ولكن هذا لا يعني أنه مخلوق في الزمان، بل أنه تابع للأول منذ الأزل، فإذن هو قديم في الزمان، مادام الأول كاملاً ومن طبيعته أن يحدث عنه هذا العقل، الذي يسميه الفارابي العقل الثاني أو الثاني. إن هذا الحل يرضى، من جهة أخرى، الوحي، الذي يتحدث عن الخلق وهنا يصبح معنى الخلق (تبعيه) المخلوق للخالق، والفيض يعطى معنى التبعية هذه كما وأن هذا الحل يرضى أيضاً العقل الذي لا يقبل القول بالخلق من عدم وفي الزمان.

ومن جهة أخرى يفسر الفيض نظام الكون بما فيه من أفلاك وحركاتها. تقول الفلسفة الفيضانية أن من الكائن الأول فيفيض كائن ثان، هو جوهر غير متجسم أصلاً، وعقل خالص وهذا الثانى يعقل الأول ويعقل ذاته ومن تعقله للأول (ككائن واجب بنفسه) يلزم عنه وجود السماء الأولى، والثالث أيضاً وجوده لا فى مادة وهو بجوهره عقل، وهو يعقل الأول (ككائن واجب الوجود بنفسه) فيلزم عنه عقل رابع، ويعقل ذاته (كتابع فى وجوده لغيره) فيلزم عنه الكواكب الثابتة، وهذا الرابع يعقل الأول (ككائن واجب الوجود بنفسه) فيلزم عنه الخامس ويعقل ذاته (كتابع لغيره فى وجوده) فيلزم عنه كوكب زحل، وهكذا حتى العقل الحادى عشر، مع التدرج بكوكب المشترى، فالمرىخ، فالشمس، فالزهرة، فعطارد، فالقمر حيث ينتهى عالم العقول المفارقة التى هى عقول ومعقولات وعند كرة القمر ينتهى وجود الأجسام السماوية، وهى التى بطبيعتها تتحرك دوراً وعنصر عالم الأفلاك هذا هو العنصر الخامس الذى لا يشوبه كون ولا فساد، إذ لا ضد له.

وحسب نظرية الفيض هذه تعلل حركات الأفلاك السبع المتحركة، وذلك بواسطة العقول التى لا تنفك عن تأمل الكائن الأول، ولما كانت الحركة الدائرية هى أكمل الحركات، إذا إنها الحركة الوحيدة التى تحاكي أزليه الكائن الأول، فأن هذه الحركة هى التى اختصت بها الأفلاك منذ الأزل والتى ليس لها نهاية ثم يفيض من فلك القمر عالم العناصر (الأسطقسات) وهو عالم الكون والفساد الذى يدبره العقل الحادى عشر الذى يسميه الفارابى (العقل الفعال). هذا العقل يهب عالم العناصر مختلف الصور التى تظهر فيه من جماد ونبات وحيوان وإنسان لذلك أطلق على هذا العقل أسم (واهب الصور).

إن ما يقصده الفارابى بالحقائق الأزلية هو فى الواقع (المثل الأفلاطونيه) جمعها الفارابى وأدمجها فى العقل الفعال والمجهود الذى تبذله النفس لبشرية لكى تدرك، منذ الحياة الدنيا، هذه الحقائق الأزلية يجعلها تستحق الخلود حيث تنعم بتأمل هذه الحقائق فى العقل الفعال، وهكذا انتهى الفارابى الى تصرف عقلى قوامه التأمل. يتفق ابن سينا مع الفارابى فى القول بعدم بعث الأجساد ولكنه يلطف من حده قول الفارابى بخلود الأنفس العالمة فقط، لقد اعتبر ابن سينا النفس البشرية خالدة بطبيعتها لأنها جوهر روحانى بسيط إذا إنها تستطيع أن تدرك الماهيات. فأن ابن سينا متفق مع الفارابى على القول بأن هذه السعادة تكون بتأمل الحقائق الأزلية فى العقل الفعال، فلا فرق جوهرى بين تصوف ابن سينا وتصوف الفارابى.

إن لهذه الفلسفة الفيضانية جانباً تطبيقياً، وهو تكوين مجتمع بشرى على أسس من العدالة والفضيلة، فضلاً عن إعادة قراءة الوحي. أن هذه الفلسفة الفيضانية، التى حاولت أن تحل المسائل الكونية والأخلاقية والاجتماعية والسياسية والروحية انتهت إلى نتائج لا تتفق والشرع، لا سيما فى نقط ثلاث:

(١) الفيض قديم. ولا يخلق العالم فى الزمن ومن العدم؛

(٢) "العقل الفعال" يسود عالم العناصر؛

(٣) الأول الإلهى بعيد عن العالم، غير مهتم به مباشرة.

إن العقل الفعال يعقل الكائن الأول، ولكن يبقى العقل الفعال هو المنظم الحقيقى لعالمنا هذا، ولا تقول الفلسفة الفيضانية بلذه جسديه فى العالم الآخر، بل بسعادة روحيه محضه.

إن هذه النتائج الثلاث : قدم العالم؛ عدم عناية الكائن الأول بالعالم؛ وعدم بعث الأجساد، هى نتائج لهذه الفلسفة الفيضانية ولكنها تميزت عن العقل العقدي التقليدي، كما تميزت المعتزلة، من جهة أخرى، عن العقل الإسلامى العقدي التقليدي. فهناك شبه ملحوظ بين موقف الفارابى من الأول وموقف المعتزلة -المعاصر للفارابى- من التوحيد، فالأول لا يمكن تحديده أو تعريفه، إذ أنه غاية فى البساطة وهو ليس بجسم، هو وحده مطلقة، غير منقسم. وتاماً مثل موقف المعتزلة، يؤيد الفارابى أنه لما كان الأول يعقل ذاته فهو علم، وعلمه هو جوهره، وهو حق لأنه موجود، وهو حياة، ولكن كل هذه الصفات التى ننسبها نحن إليه لا تدل على تعدد فيه بل هو وحده مطلقة.

يتبع إذن وجود باقى الكائنات حتماً وجود الأول، وهى فيض منه الفيض قديم. وهو لا ينقص شيئاً من الأول ولا يزيد إليه كمالاً والكائنات الفائضة منه متصلة ببعضها ببعض وصادرة بعضها عن بعض، فمن الأول فيفيض الثانى الذى هو أيضاً جوهر لا مادى، وعقل خالص يعقل ذاته ويعقل الأول، ومن هذا التعقل المزدوج تصدر باقى العقول والأفلاك الثابتة والمتحركة وعددها سبعة (زحل، المشتري، المريخ، الشمس، الزهرة، عطارد، القمر) ولما كانت هذه العقول لا مادية فأن ليس لها ضد، إذ أن للضد مادة مشتركة بينه وبين ضده ثم أن كل عقل فريد فى نوعه، إذ أن الأفراد تتعدد فى النوع الواحد بفضل المادة وهذه العقول لا مادية ثم أن كل واحد من هذه العقول يعقل ذاته ويعقل الأول. ثم إن أجسام الأفلاك لا ضد لها، وهى من عنصر غير فاسد. وعناصر عالم الكون والفساد تتبع عالم ما دون فلك القمر، ومن فعل كل عنصر على الآخر، ومن فعل الأجسام السماوية عليها، تظهر الأخلاط، ومن اتحاد الأخلاط بالعناصر تنتج الأجسام المختلفة، النباتات، والحيوانات، الإنسان، وكلها تقبل الفساد الذاتى مع استمرار النوع الذى هى أفراد.

وقال الفارابى فى الفصل السابع عن " القول فى كيفية صدور جميع الموجودات عنه" فى كتاب "آراء أهل المدينة الفاضلة" إن "الأول هو الذى عنه وجد، ومتى وجد للأول الوجود الذى هو له، لزم ضرورة أن يوجد عنه سائر الموجودات التى وجودها لا بإرادة الإنسان واختياره على ما هى عليه من الوجود الذى بعضه مشاهد بالحس وبعضه معلوم بالبرهان ووجود ما يوجد عنه أنما هو على جهة فيض وجوده لوجود شيء

آخر، وعلى أن وجود غيره فائض عن وجوده هو، فعلى هذه الجهة لا يكون وجود ما يوجد عنه سبباً له بوجه من الوجوه، ولا على أنه غاية لوجود الأول، كما يكون وجود الابن من جهة ما هو ابن - غاية لوجود الأبوين - من جهة ما هما أبوان، يعنى أن الوجود الذى يوجد عنه (لا) يفيد كمالاً ما، كما يكون لنا ذلك عن جل الأشياء التى تكون منا، مثل أنا بإعطائنا المال لغيرنا نستفيد من غيرنا كرامه أو لذة أو غير ذلك من الخيرات، حتى تكون تلك فاعله فيه كمالاً ما، فالأول ليس وجوده لأجل غيره، ولا يوجد بغيره، حتى يكون الغرض من وجوده أن يوجد سائر الأشياء فيكون لوجوده سبب خارج عنه، فلا يكون أولاً، ولا أيضاً بإعطائه ما سواه الوجود ينال كمالاً لم يكن له قبل ذلك خارجاً عما هو عليه من الكمال، كما ينال من وجود بماله أو شيء آخر، فيستفيد بما يبذل من ذلك لذة أو كرامه أو رئاسة أو شيئاً غير ذلك من الخيرات، فهذه الأشياء كلها محال أن تكون فى الأول لأنه يسقط أوليته وتقدمه، ويجعل غيره أقدم منه وسبباً لوجوده، بل وجوده لأجل ذاته، ويلحق جوهره وجوده ويتبعه أن يوجد عنه غيره فلذلك وجوده الذى به فاض الوجود إلى غيره هو فى جوهره، ووجوده الذى به تجوهره فى ذاته يكون بأحدهما تجوهر ذاته وبالأخر حصول شيء آخر عنه، كما أن لنا شيئين نتجوهر بأحدهما، وهو النطق، ونكتب بالأخر، وهو صناعة الكتابة، بل هو ذات واحده وجوهر واحد، وبه يكون تجوهره وبه بعينه يحصل عنه شيء آخر. ولا أيضاً يحتاج فى أن يفيض عن وجوده وجود شيء آخر إلى شيء غير ذاته يكون فيه، ولا عرض يكون فيه ولا حركة يستفيد بها حالاً لم يكن له، ولا آله خارجه عن ذاته، مثل ما تحتاج النار، فى أن يكون عنها وعن الماء بخار إلى حرارة يتبخر بها الماء، وكما تحتاج الشمس، فى أن تسخن ما لدينا إلى أن تتحرك هى ليحصل لها بالحركة ما لم يكن لها من الحال، فيحصل عنها وبالحال التى أستفادها بالحركة حرارة فيما لدينا، أو كما يحتاج النجار إلى الفأس والى المنشار حتى يحصل عنه فى الخشب انفصال وانقطاع وانشقاق، وليس وجوده بما يفيض عنه وجود غيره، أكمل من وجوده الذى هو بجوهره، ولا وجوده الذى بجوهرة أكمل من الذى يفيض عنه وجود غيره، بل هما جميعاً ذات واحده. ولا يمكن أيضاً أن يكون له عائق من أن يفيض عنه وجود غيره، ولا من نفسه ولا من خارج أصلاً. «(٤٥)»

و فى الفصل العاشر عن "القول فى الموجودات الثوانى وكيفيه صدور الكثير" من كتاب " آراء أهل المدينة الفاضلة" قال الفارابى : "يفيض من الأول وجود الثانى، فهذا الثانى هو أيضاً جوهر غير متجسم أصلاً ولا هو فى مادة، فهو يعقل ذاته ويعقل الأول، وليس ما يعقل من ذاته هو شيء غير ذاته فما يعقل من الأول يلزم عنه وجود ثالث، وبما هو متجوهر بنفسه التى تخصه يلزم عنه وجود السماء الأولى، والثالث أيضاً وجوده لا فى مادة وهو بجوهره عقل، وهو يعقل ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته التى تخصه يلزم عنه وجود كرة الكواكب الثابتة، وبما يعقله من الأول يلزم عنه وجود رابع، وهذا أيضاً لا فى مادة، فهو يعقل ذاته ويعقل

الأول، فما يتجوهر به من ذاته التي تخصه يلزم عنه وجود كرة زحل، وبما يعقله من الأول يلزم عنه وجود خامس، وهذا الخامس أيضاً وجوده لا في مادة، فهو يعقل ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته يلزم عنه وجود كرة المشترى وبما يعقله ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته يلزم عنه وجود كرة المريخ، وبما يعقل من الأول فما يتجوهر به من ذاته يلزم عنه وجود كرة الشمس، وبما يعقل من الأول يلزم عنه وجود ثامن، وهو أيضاً وجوده لا في مادة، ويعقل ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته التي تخصه يلزم عنه وجود كرة الزهرة، وبما يعقل من الأول يلزم عنه وجود تاسع، وهذه أيضاً وجوده لا في مادة.^(٤٦)

كان النزاع إذن بيناً في موضوع كيفية صدور الأشياء غير المتناهية عن المبدأ الأول الواحد. ودار حول السؤال الذي صدر عن إطلاع الفارابي، وابن سينا، وغيرهما من العلماء في اللغة العربية، على بعض "تساقيات" أفلوطين -المسماة خطأ "باثولوجيا أرسطو"-، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية^(٤٧). وكتاب "اثولوجيا أرسطو" يتحدث عن فيض العالم عن كائن أول هو الواحد، ويجعل سلسلة من الوسطاء بين هذا الكائن الأول والإنسان. والفيض أو الصدور، كما أسلفنا، هي الفكرة التي توفق بين تعالى الأول عن كل ما يوجد، وبين حضور قواه في كل الموجودات. السؤال إذن هو : الجهات -عقل ثان، هيولي، صورة، الفلك، نفس تدبر الفلك وتحركه- التي في العقل الأول إن كانت موجودات متغيرة، فقد صدر عن المبدأ الأول كثرة، وإن كانت موجودات، فكيف يعقل صدور أشياء عن شيء واحد من جهات معدومة؟ من أين جاءت الأفلاك الكثيرة والكواكب الثابتة التي لا تحصي والكواكب السيارة؟ ما عليها؟

تلك هي المسألة التي صاغها نصير الدين الطوسي من بعد ابن سينا والفارابي. كان شرط إمكان ذلك الصدور أو الفيض، عند الطوسي، هو تفسير قواعد التوافق بطريقة توافقية. وكان هذا التفسير أساس إنشاء التحليل التوافقي. وهو التحليل الذي أفاد علماء الرياضيات اللاحقين أمثال كمال الدين الفارسي وابن البناء وإبراهيم الحلبي منه إفادة لافتة. وكمال الدين الفارسي (ت ١٣١٩م) رياضي وفيزيائي بحث في نظرية الأعداد، وفي الجبر، وفي البصريات بوجه خاص. وقد شرح كمال الدين الفارسي كتاب "المناظر" لابن الهيثم تحت عنوان "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر". وحاول إبراهيم الحلبي، على أساس من "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر"، تنظيم عناصر العلم الجديد وتسميته باسم مستقل عن العلوم الأخرى.

بعد ذلك اقترح ريمون لول *Lulle* التوافق الممكنة بين التصورات كلها، لكن من دون اقتباس المنهجيات الرياضية. كان مشروع نصير الدين الطوسي هو الحل الرياضي لمسألة فيض المتعدد من الواحد الميتافيزيقية. وقد أدى ذلك إلى التأسيس الرياضي-التوافقي لنظرية الخلق الميتافيزيقية الأفلوطينية-الفارابية-السينوية (= ابن سينا). كان طريق نصير الدين الطوسي أقرب لطريق العالم الألمانى المحدث *Gottfried*

Wilhelm Leibniz، ج. ف. ليبنيتز (١٦٤٦-١٧١٦)، وإن اختلف المشروعان. فقد كان مشروع ج. ف. ليبنيتز هو أن يؤسس "فن الاختراع" على الفن التوافيقي أو فن التوافق *De arte combinatoria* (في اللغة اللاتينية) (١٦٦٦) أو *On the Art of Combination* (في اللغة الإنجليزية). شرع ليبنيتز في تحليل الأشياء كلها على أساس من نظام العلامات، كما كان الحال عند ريمون لول. كان ليبنيتز، في مدرسة نقولا، يفكر في أبجدية للأفكار الإنسانية وهو يقرأ أرسطو. وأكد بكون هذا التفكير وضاهي بين الأشكال من الدرجة الأولى وأحرف الأبجدية، وطابق فيجل وهوبز بين التفكير والحساب، وألف بوتو *Buteo* "مفاتيح التوافق"، وألف كاردان *Cardan* منطق الاحتمال والعلاقات بين المعامل وجذور المعادلات، وبحث رجال القانون وغيرهم من المتقنين والدارسين والباحثين في الموضوع نفسه. وأعادت أوربا كلها نشر عمل ريمون لول. وشرح آجريبا وألشتيد *Agrippa, Alstedt* عمله. ونشر الأب ب. ج. كرشر *P. J. Kircher* كتابه *Polygraphia nova et universalis ex combinatoria detecta* عام ١٦٦٣. بعد ذلك راجع ليبنيتز نفسه في كلامه على التوافق. لكنه اعترف في الموضوع نفسه أن التوافق كانت الأساس الذي بنى عليه مذهبه ككل، في العلم والميتافيزيقا على السواء. كان مشروع ليبنيتز هو إقامة "فن الاختراع" على التحليل التوافيقي. كان مشروع ليبنيتز هو إقامة منهج على أساس من التحليل التوافيقي. كانت التوافق وسيلة. أما مشروع نصير الدين الطوسي فقد كان عكسياً. كان مشروع الطوسي هو إقامة التحليل التوافيقي على أساس من المنهج الميتافيزيقي-المنطقي. كانت التوافق هدفاً.

أما مشروع نصير الدين الطوسي فقد كان الحل الرياضي لمسألة ميتافيزيقية. مما قاده إلى صياغة نظرية ابن سينا في قالب توافيقي. ففي شرحه على كتاب "الإشارات والتنبيهات" لابن سينا، أدخل نصير الدين الطوسي اللغة والخطوات التوافقية لوصول الفيض حتى المرتبة الثالثة من الكائنات حيث توقف تطبيق الإجراءات واستخلص عد الكائنات التي "لا يحصى عددها". وفرق نصير الدين الطوسي لذلك بين أمرين :

(١) إجراء التوافق لعدد من الموضوعات؛

(٢) ابتكار لغة التوافق وبنيتها.

كان مشروع نصير الدين الطوسي، إذن، في رسالة مستقلة "في بيان كيفية صدور الأشياء الغير المنتهية عن المبدأ الأول الواحد"، هو النفاذ إلى التحليل التوافيقي للفيض. قال نصير الدين الطوسي "قالت الحكماء : المبدأ الأول لجميع الموجودات، واحد، تعالى ذكره، وإن الواحد لا يصدر عنه إلا واحد. قيل لهم : فإن كان هكذا وجب أن يكون معلولاته واحداً بعد واحد متسلسلة إلى المعلوم الأخير، وحينئذ لا يمكن أن يوجد شيئان إلا ويكون أحدهما علة للأخر بتوسط أو بغير توسط قالوا : إنما قلنا : إن الواحد لا يصدر عنه من جهة

واحدة إلا واحد؛/ أما إذا تكثرت الجهات فقد يصدر عنه من تلك الجهات كثرة ولا يكون ذلك مناقضاً لقولنا : لا يصدر عنه إلا واحد. قالوا : والمعلول الأول الذى هو عقل أول فيه جهات كثيرة. أحداها وجوده الصادر عن المبدأ الأول، والثانى ماهيته التى تقتضيها غيريته للأول والثالث علمه بالأول، والرابع علمه بنفسه. قالوا: ويمكن أن يصدر عنه من هذه الجهات أربعة أشياء : عقل ثان وهيولى وصورة يتركب عنهما فلك هو أعظم الأفلاك ونفس تدبر ذلك الفلك وحركة ثم يصدر عن ذلك العقل عقل وفلك ونفس، وهكذا إلى أن تصير العقول عشرة والأفلاك تسعة، وتصدر عن العقل الأخير هيولى عالم الكون والفساد والصور المتعاقبة منها على تفصيل ذكره. قيل لهم هذه الجهات التى فى العقل الأول أن كانت موجودات متغيرة، فقد صدر عن المبدأ الأول كثرة وأن لم تكن موجودات فكيف يعقل صدور أشياء عن شيء واحد من جهات لا وجود لها ؟ ثم أنكم تقولون : أن الأفلاك كثيرة وفيها كواكب ثابتة لا تحصى وكواكب سيارة فجميع هذا من أين جاء؟ وما عللها ؟ وطال التنازع فيه بين الفريقين كما هو المشهور بين النظار.^(٤٨) ذلك هو سؤال الفيض كما صاغه نصير الدين الطوسي.

و كان برهان نصير الدين الطوسى على نظرية ابن سينا فى صدور التعدد، عن المبدأ الأول، أنه افترض إمكان أن يصدر عن المبدأ الأول، كثرة غير مرتبة بوسائط محدودة، بمعنى أن علة واحدة هى التى تعلل، بشكل مستقل، كل معلول على حدة. ومع أن هذا البرهان قد أفقر المحتوى الوجودى للتعدد، فقد صار التعدد بلا تعقد. كانت فكرة الطوسى هى حل هذه المشكلة بالتحليل التوافيقي. وكان من شروط تطبيق التحليل التوافيقي الاستغناء عن متغير الزمان.

و افترض نصير الدين الطوسى :

(١) المبدأ الأول^(٤٩) أ ومعلولة الأول ب وهو فى أولى مراتب المعلولات؛

(٢) ثم يصدر ج عن أ مع ب : العقل الثانى

(٣) ثم يصدر د عن ب وحده : الفلك السماوي.

فهما -أى ج ود- فى ثانية مراتبها وهما معلولات غير مترتبين، أى ليس أحدهما علة للآخر. ومجموع المعلولات + العلة الأولى = أربعة عناصر هى : أ ب ج د ويسمى الطوسى بالمبادئ، وإزدواجاتها الثنائية ستة هى أب أج أد ب ج ب د ج د والثلاثية أربعة: أبج أبد أجد بجد، والرابعة واحدة وهى مجموع ابجد، والجميع خمسة عشر عنصراً.

ولجأ الطوسي هنا إلى "حساب الجمل". وجمعت هذه الحروف في كلمات وجمل تيسر حفظ ترتيبها، أبجد هوز حتى كلمن سغفص قرشت تخذ ضطغ، ذلك الترتيب الذي سجله "إخوان الصفا"، و"مفاتيح العلوم"، وهي قيم الحروف العددية : الأحاد أ = ١؛ ب=٢؛ ج=٣؛ د=٤؛ هـ = ٥؛ و=٦؛ ز=٧؛ ح=٨؛ ط=٩؛ العشرات : ى = ١٠؛ ك=٢٠؛ ل=٣٠؛ م=٤٠؛ ن=٥٠؛ س=٦٠؛ ع=٧٠؛ ف=٨٠؛ ص=٩٠؛ المئات : ق=١٠٠؛ ر=٢٠٠؛ ش=٣٠٠؛ ت=٤٠٠؛ ث=٥٠٠؛ خ=٦٠٠؛ ذ=٧٠٠؛ ض=٨٠٠؛ ظ=٩٠٠؛ الآلاف : غ=١٠٠٠. وكشف سبط المارديني، في كتابه "دقائق الحقائق في حساب الدرج والدقائق" عن ترتيب آخر.

و بالإمكان أن يصدر، في منظومة الطوسي، عن كل واحدة من هذه - مفردة كانت أو مزدوجة - معلول إلا من واحد ومن ب وحده ومن أب معاً فإن معلولات هذه الثلاثة مذكورة في المرتبتين الأولى والثانية - فيبقى اثنا عشر منها اثنان فرادى هما ج ود وخمسة ثنائية وأربعة ثلاثية وواحد رباعي، ومعلولاتها اثنا عشر وهي في ثلاثة مراتب المعلولات من غير أن يتوسط البعض في صدور البعض. ذلك هو ما يعرض له نصير الدين الطوسي في شرحه على "الإشارات والتنبيهات" لابن سينا، كما في بحثه "في بيان كيفية صدور الأشياء الغير المتناهية عن المبدأ الأول الواحد".

ثم في المرتبة الرابعة تحصل معلولات يزيد عددها على ٦٥٠٠٠. ويقدم نصير الدين الطوسي لذلك بمقدمة هي أنه : إذا اعتبرنا في الأثنى عشر الأفراد والأردوجات ثنائية وثلاثية وما زاد عليها إلى اثني عشر حصل لنا أربعة آلاف (ومائتان) وخمسة وتسعون عدداً منها حاصل الأفراد ١٢ وحاصل الثنائيات ٦٦ وحاصل الثلاثيات ٢٢٠ وحاصل الرباعيات ٤٩٥ وحصل الخماسيات ٧٩٢ وحاصل السداسيات ٩٢٤ وحاصل السباعيات مثل الخماسيات - إذ ترك فيها خمسة من الأعداد الأثنى عشر كما أن في الخماسيات أخذ خمسة، وكذلك الثمانيات مثل الرباعيات والتساعيات مثل الثلاثيات والعشريات مثل الثنائيات والأحد عشريات مثل الأفراد ولأثنا عشرى واحد لا غير.

و يضع لبيان ذلك الأثنى عشر وهي هـ وز ح ط ي يا يب يج يد يه يو، فظاهر أن أفرادها ١٢ فقط، وان ثنائياتها تحصل من انضمام هـ مع كل واحد مما عداه وهو ١١ ثم من انضمام ومع كل واحد مما بعده وهو ١٠ وهكذا بعد ووالمجموع يحصل الأعداد المتوالية من واحد إلى أحد عشر وهو ٦٦ لا غير وهو حاصل الثنائيات.

وأما الثلاثيات فتحصل من انضمام هـ مع ووهما مع واحد واحد من الباقية وهي ١٠ ثم من انضمام هـ مع ز وهما مع واحد واحد مما بعدهما وهي ٩ وهكذا إلى أن تتم الأعداد ويحصل عدد يتركب من الواحد إلى العشرة على التوالي وهو ٥٥ يكون هـ أحد أجزاء جميعها ثم نخلي عن هـ ونعتبر ومع ز وهما مع واحد

واحد من الباقية يحصل ٩ ومن اعتبار ومع ح وهما مع واحد واحد مما بعدهما يحصل ٨ وهكذا إلى الآخر ويحصل عدد يتركب من الواحد إلى التسعة على التوالي وهو ٤٥ وعلى هذا القياس يعتبر بعد ووبحصل لنا أعداد مركبه من الواحد إلى الثمانية ومن الواحد إلى السبعة إلى أن ننتهى إلى الواحد وحده فتكون الأعداد جميعها هذه نه مه لو كح كا به ى و ج أ ومجموعهما ٢٢٠. وذلك هو حاصل الثلاثيات. وأما الرباعيات فتكون فى الاعتبار الأول هـ وز مع واحد واحد من التسعة الباقية، ثم اعتبار هـ ومع اثنين اثنين مما بعدهما، ثم اعتبار هـ مع ثلاثة ثلاثة، يحصل ما يخرج من الواحد منضمّاً إلى الأعداد المتوالية التى بعدها إلى تسعه، ثم منه إلى ثمانية، ثم منه إلى سبعة وهكذا إلى الواحد وحده، وتحصل من الجميع هذه الأعداد المتوالية قسه فكـ فد نو له كـ ى د أ / ومجموعها ٤٩٥ هو حاصل الرباعيات.

وعلى هذا القياس يعمل نصير الدين الطوسى فى طلب الأزودجات الخماسية وتحصل هذه الأعداد متوالية فى آخر العمل شل رى فكو ع له به هـ أ ومجموعها ٧٩٢ وهو حاصل الخماسيات.

و يبحث نصير الدين الطوسي، من جهة أخرى، فى طلب الأزودجات السداسية مثل ذلك، فتحصل هذه الأعداد تسب رنب فكو نو كا وأ، ومجموعها ٩٢٤ وهو حاصل السداسيات. وقد ذكر نصير الدين الطوسى أن السبعيات تكون مثل الخماسيات والثمانيات مثل الرباعيات والتساعيات مثل الثلاثيات والعشاريات مثل الثنائيات والأحد عشريات مثل الأفراد والأثنا عشرى واحد لا غير، والمجموع ما ذكره من العدد فهذا ما أراد الطوسى تقديمه. وما أراد تقديمه فى لغة رشدى راشد الرياضية الرمزية الحديثة إنما هو ما يلى :

عدد توافق لـ ن عنصراً تساوي^(٥٠) :

$$\sum_{a=j}^n \binom{n}{k}$$

و لحساب هذا العدد، لجأ الطوسى للمعادلة :

$$\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$$

و من هنا فبالنسبة لـ ن = ١٢، يحصل على ٤٠٩٥، ويسجل رشدى راشد أنه لاستنباط هذه الأعداد، يستخدم الطوسى هنا تعبيرات الجمع بالتوفيق بين أحرف الأبجدية كما أسلفنا فى سياق الحديث على مجموع المعلولات + العلة الأولى = أربعة عناصر هى : أ ب ج د ويسمىها الطوسى بالمبادئ، وازدواجياتها الثنائية ستة هى أ ب ج د ب ج د ج د د والثلاثية أربعة: أ ب ج د أ ب ج د.

ثم يعود الطوسي إلى المقصود، أى إلى حساب عدد عناصر المرتبة الرابعة. وقال : إذا اعتبرنا المبادئ الأربعة المذكورة مع الأثنى عشر كائناً الذى فى المرتبة الثالثة أفراداً وثنائيات وثلاثيات إلى الستة عشر التى هى المجموع حصلت تركيبات كثيرة عددها ما ذكره، أما اعتبار الآحاد فرادى فلا يزيد على ١٢ وهى معلومات العد الذى فى المرتبة الثالثة لأن المبادئ لا يجوز أن تصير مرة أخرى مبادئ الشيء من المعلومات. وأما الثنائيات فحاصلها من اعتبار الأثنى عشر ٦٦ كما مر، ويحصل من انضمام كل واحد من المبادئ مع واحد واحد من الأثنى عشر ما يحصل من ضرب أربعة فى ١٢ وهو ٤٨ والجميع ١١٤ لا يزيد عليه. وأما الثلاثيات فحاصل الثلاثيات الأثنى عشرية ٢٢٠ والحاصل من انضمام كل واحد (واحد) من المبادئ إلى الواحد واحد من حاصل الثنائيات الأثنى عشرية ما يحصل من ضرب أربعة فى ٦٦ وهو ٢٦٤ ومن انضمام كل اثنين من المبادئ إلى كل واحد من الأثنى عشر ما يحصل من ضرب ستة فى ١٢ وهو ٧٢ والمجموع ٥٥٦ لا يزيد عليه. وأما الربيعيات فحاصل الربيعيات الأثنى عشرية ٤٩٥ والحاصل من انضمام كل واحد من المبادئ إلى حاصل الثلاثيات الذى هو ٢٢٠ ما يحصل من ضرب أربعة فيه وهو ٨٨٠ ومن انضمام كل اثنين من المبادئ إلى حاصل الثنائيات الذى هو ٦٦ ما يحصل من ضرب ستة فيه وهو ٣٩٦ ومن انضمام ثلاثة من المبادئ إلى حاصل الأفراد - وهو ١٢ ما يحصل من ضرب أربعة فيه، وهو ٤٨ والمجموع ١٨١٩ لا يزيد عليه. وأما الخماسيات فحاصلها الأثنا عشرى ٧٩٢ والحاصل من انضمام كل وأما الخماسيات فحاصلها الأثنا عشرى ٧٩٢ والحاصل من انضمام كل واحد من المبادئ إلى حاصل الرباعيات ما يحصل من ضرب أربعة فى ٤٩٥ وهو ١٩٨٠ ومن انضمام كل اثنين منها إلى حاصل الثلاثيات ما يحصل من ضرب ستة فى ٢٢٠ وهو ١٣٢٠ ومن انضمام كل ثلاثة منها إلى حاصل الثنائيات ما يحصل من ضرب أربعة فى ٦٦ وهو ٢٦٤ ومن انضمام المبادئ الأربعة إلى حاصل الأفراد ما يحصل من ضرب واحد فى ١٢ وهو ١٢ والمجموع ٤٣٦٨. وأما السداسيات فحاصلها الأثنا عشرى ٩٢٤ ومن انضمام واحد واحد من المبادئ إلى حاصل الخماسيات ٣١٦٨ ومن اثنين اثنين إلى حاصل الربيعيات ٢٩٧٠ ومن ثلاثة ثلاثة إلى حاصل الثلاثيات ٨٨٠ ومن الأربعة إلى حاصل الثنائيات ٦٦ والمجموع ٨٠٠٨. وأما السباعيات فحاصلها الأثنا عشرى ٧٩٢ والحاصل من انضمام آحاد المبادئ إلى حاصل السداسيات ٣٦٩٦ ومن انضمام ثنائياتها إلى حاصل الخماسيات ٤٧٥٢ ومن ثلاثياتها إلى حاصل الرباعيات ١٩٨٠ ومن أربعيتها إلى حاصل الثلاثيات ٢٢٠ والمجموع ١١٤٤٠. وأما الثمانيات فحاصلها الأثنا عشرى ٤٩٥ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل السباعيات ٣١٦٨ ومن ثنائياتها مع حاصل السداسيات ٥٥٤٤ ومن ثلاثياتها مع حاصل الخماسيات ٣١٦٨ ومن أربعيتها مع حاصل الرباعيات ٤٩٥ والمجموع ١٢٨٧٠.

و أما التساعيات فحصلها الأثنا عشرى ٢٢٠ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل الثمانيات ١٩٨٠ ومن ثنائياتها مع حاصل السباعيات ٤٧٥٢ ومن ثلاثياتها مع حاصل السداسيات ٣٦٩٦ ومن أربعتها مع حاصل الخماسيات ٧٩٢ والمجموع ١١٤٤٠. و أما العشريات فحصلها الأثنا عشرى ٦٦ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل التساعيات ٨٨٠ ومن ثنائياتها مع حاصل الثمانيات ٢٩٧٠ ومن ثلاثياتها مع حاصل السباعيات ٣١٦٨ ومن أربعتها مع حاصل السداسيات ٩٢٤ والمجموع ٨٠٠٨. وأما الأحد عشريات فحصلها الأثنا عشرى ١٢ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل العشاريات ٢٦٤ ومن ثنائياتها مع حاصل التساعيات ١٣٢٠ ومن ثلاثياتها مع حاصل الثمانيات ١٩٨٠ ومن أربعتها مع حاصل السبعيات ٧٩٢ والمجموع ٤٣٦٨. وأما الأثنا عشريات فحصلها الأثنا عشرى واحد والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل الأحد عشريات ٤٨ ومن ثنائياتها مع حاصل العشرريات ٣٩٦ ومن ثلاثياتها مع حاصل التساعيات ٨٨٠ ومن أربعتها مع حاصل الثمانيات ٤٩٥ والمجموع ١٨٢٠. وأما الثلاثة عشريات فليس لها حاصل اثنا عشرى والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل الأثنا عشرى أربعة ومن ثنائياتها مع حاصل الأحد عشريات ٧٢ ومن ثلاثياتها مع حاصل العشرريات ٢٦٤ ومن أربعتها مع حاصل التساعيات ٢٢٠ والمجموع ٥٦٠.

وأما الأربعة عشريات فليس لها حاصل اثنا عشرى ولا حاصل مع آحاد المبادئ والحاصل من ثنائيات المبادئ مع الحاصل الأثنا عشرى ستة ومن ثلاثياتها مع حاصل الأحد عشريات ٤٨ ومن أربعتها مع حاصل العشاريات ٦٦ والمجموع ١٢٠.

وأما الخمسة عشريات فليس لها حاصل اثنا عشرى ولا حاصل مع آحاد المبادئ وثنائياتها والحاصل من ثلاثياتها مع حاصل الأثنا عشرى أربعة ومن أربعتها مع حاصل الأحد عشريات ١٢ والمجموع ١٦، وأما الستة عشريات فواحد لا غير.

فإن حصل لها من هذه الأزواج هذه الأعداد الأفراد ١٢ والثنائيات ١١٤ الثلاثيات ٥٥٦ الرباعيات ١٨١٩ الخماسيات ٤٣٦٨ السداسيات ٨٠٠٨ السباعيات ١١٤٤٠ الثمانيات ١٢٨٧٠ التساعيات ١١٤٤٠ العشاريات ٨٠٠٨ الأحد عشريات ٤٣٦٨ الأثنا عشريات ١٨٢٠ الثلاثة عشريات ٥٦٠ الأربعة عشريات ١٢٠ الخمسة عشريات ١٦ الستة عشريات ١ ومجموعها ٦٥٥٢٠ عدداً.

و لكي يصل إلى المجموع ٦٥٥٢٠ عدداً، يلجأ الطوسي، في لغة رشدى راشد، إلى تعبير يكافئ التعبير التالي^(٥١):

$$(*) \sum_{i=0}^m \binom{m}{k} \binom{n}{p-k}. \text{pour } 1p16.m = 4.n = 12.$$

و قيمته هي المعامل الحداني التالي : $\binom{m+n}{p}$

و هي أعداد المعلولات -عدا أ وب وأب- التي يمكن إن تقع في المرتبة الرابعة للمعلولات من غير المبدأ الأول من غير توسيط البعض للبعض. وقد تبين له من ذلك إمكان صدور الكثرة العديدة عن المبدأ الأول بشرط أن لا يصدر من واحد إلا واحد من غير أن تكون المعلولات متسلسلة، وذلك ما أراد بيانه في هذه المسألة.

و كان لنجاح الطوسي في بيان مسألة ابن سينا الوجودية، بياناً توافيقياً، نتيجتان أثرتا في نظرية ابن سينا وفي التحليل التوافيقي معاً :

(١) التفريق بين التعدد والتعدد؛

(٢) التفريق بين الوجود وتمثيل الوجود.

وأيدت هذه الفروق "الشكلية"، كلام ابن سينا حول "الشيء". وفي الفصل الثاني من الباب الثالث، نوضح مسألة "الشيء" لدى ابن سينا. فقد صار المجهول المسمى تارة بالجزر أو الشيء، لدى ابن سينا، لا يقتصر على المعنى الأفلاطوني-الأرسطي القديم بل انطوى على معنى وجودي متميز، بدافع جزئي من التجديد الرياضي المتميز. صار الشيء موضوع المحمول في العبارة. ومن هنا رادف الموجود الشيء ولزمه، لكن الشيء لم يرادف الموجود، وإن كان من المحال ألا يقع الشيء في الموضوع ولا في المحمول.

و مما زاد من شكلانية الإجراء إمكانية الإشارة إلى الموجودات، بما في ذلك المبدأ الأول المشار إليه بالحرف أ، بلغة حروف الأبجدية. كان ابن سينا في رسالته النيروزية قد لجأ إلى الترميز نفسه لكن بفرقين محددين :

(١) الترتيب المنطقي-الأبجدي ؛

(٢) لجأ إلى القيم العددية للحروف (أ = ١ ؛ ب = ٢؛ ...).

اقتبس الطوسي الترتيب نفسه من ابن سينا، المبدأ الأول = أ...، لكنه تخطى عن الترتيب لصالح القيمة التوافقية للرمز. واستغنى عن القيمة العددية للحرف لإقامة التحليل التوافيقي. ترجم الطوسي نظرية ابن سينا في الفيض في لغة شكلانية. وأظهر بذلك اتجاها كامنا في نظريات ابن سينا الميتافيزيقية-المنطقية. ولم يكن

من الممكن بالنسبة لمؤرخ الرياضيات أن لا يعبأ بالتطور الثاني، أى بتطور التحليل التوافيقى الرياضى نفسه. فنحو آخر القرن العاشر الميلادى، حين تصور الكرجى، المثلث العددى، وصاغ قانونه فى التشكيل ونظريته فى التطور عبر مخرج ذو حدين، أقام الكرجى هذه التعابير بواسطة برهان تراجعى قديم. وكانت النظريات الجبرية تحمل معنى ضمناً توافيقياً. ولجأ التابعون إلى هذا المعنى من دون إظهاره. بل عرض الطوسى لهذه القواعد الكرجية (=الكرجى)، فى كتابه عن "جوامع الحساب"، من دون بيان هذا المدلول الضمنى. ومنذ القرن الثامن الميلادى، منذ الخليل ابن أحمد، كان المعجميون واللغويون يستعملون الأدوات التوافقية من دون برهان. مع ذلك وعلى خلاف الرياضيين، كان المعجميون واللغويون العرب يؤكدون على الطبيعة التوافقية لتلك الأدوات. والتقى هذان التطوران -منذ القرن الثامن الميلادى والقرن العاشر الميلادى- فى نص الطوسى وأساساً للتحليل التوافيقى بوصفه فصلاً مستقلاً قائماً بنفسه ولذاته من فصول علم الرياضيات. وأصبحت النظريات الجبرية تنطوى على معنى توافيقى بين.

رابعاً : التحليل التوافيقى فى فلسفة إبراهيم الحلبى

سبق أن أشرنا فى هذا الفصل إلى تطبيق العلماء التحليل التوافيقى فى ميدان الجبر والدراسات اللغوية والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى، شرع جاك برنوللى ومونمور فى صياغة التحليل التوافيقى فى أفق العلم الجديد ومسائل التجزئة لمجموعة وقائع من دون مجموعة الأعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن انتجوا بعض طرائق هذا التحليل واستخدموها. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقى. وكان العلماء العرب يفككون عناصر تصور التحليل التوافيقى. وفى حين أن الجبرى كان لا يرى فى وسيلة عالم اللغة وسيلته الخاصة، فإن عالم اللغة كان يركب من جهته تلك العناصر التى سبق للجبرى أن امتلكها. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية. ولم يدل دلالة خاصة على التحليل التوافيقى. فبدأ عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقاً توافيقية اكتشافاً حراً غير مقيد بالجبر وكشوفه السابقة. أما الجبرى فكان يسمى بعض الطرائق التى لم تكن قد أصبحت بعد نشاطاً معيناً باسم "التحليل التوافيقى". غير أن التساؤل حول التجزئة فى الوعى النظرى - وحدة التحليل التوافيقى - يفرض التفريق بين مشروعات اللغة العلمية والمشروعات الجبرية. فإذا كان التحليل التوافيقى عند اللغوى هو وسيلة لتتظير ممارسة قديمة، فهو لا يشكل فى نهاية الأمر عند الجبرى سوى وسيلة تقنية يؤسس عليها مسألة نظرية، أى تصوراً آخر للجبر أو مشروعاً لجبر مستقل بذاته. إن التحليل التوافيقى وسيلة لدى الجبرى واللغوى معاً. ويبدو مرة كوسيلة لحل نظرى لمسألة تطبيقية. يبدو مرة ثانية كوسيلة منتجة فى الحل التطبيقى لمسألة نظرية. إن اختلاف الأهداف هو السبب فى تجاهل كل من الجبرى واللغوى أحدهما للآخر. إن الاتجاه اللغوى والجبرى للتحليل التوافيقى مهما

بديا مختلفين، فهما غيرا الصلات بين تصوري العلم والفن. ودل تأسيس استقلال الجبر على تأسيسه كعلم. وعاد ذلك إلى الإقرار بأن كل علم هو فن، وإلى أن العلم قد يظهر من دون أن يؤكد على موضوع محدد، لأنه يقارب موضوعات عدة - الحساب والهندسة، تمثيلا لا حصراً. وعاد هذا التأسيس وذلك الاستقلال للجبر إلى الإقرار بأن كل علم قد يظهر من دون أن يؤكد على أنه علم. إن عالم اللغة بفهمه للمقاربة النظرية لفن ما، كفن المعجمي، تمثيلا لا حصراً، قد ألغى فرقاً قديماً بين العلم والفن، بين الروح العملي للعلم العربي والروح النظري للعلم الإغريقي، ذلك الفرق الذي أسس له إرنست رينان وبيار دوهيم وبول تانري.

وغالباً ما عاد اللجوء الأول إلى التحليل التوافقي في الجبر إلى القرن الحادي عشر الميلادي، وينسب على وجه الدقة إلى نص مفقود لعمر الخيام (١٠٤٨ - ١١٣١). تلك هي وجهة النظر التي يرجحها مؤرخو الرياضيات. وأما في تاريخ رشدى راشد للرياضيات العربية وفلسفتها، فقد بين المؤرخ الاهتمام الفريد بالتحليل التوافقي لتوسيع الحساب الجبري واستخراج الجذور منذ النصف الأول للقرن العاشر الميلادي، كما ورد في بحوث أبي الوفاء (٨٩٨ - ٩٤٠) والبيروني (٩٧٣ - ١٠٤٨)، ومع هذا فإن واقع التحليل التوافقي في تاريخ الرياضيات لم يفسر التفسير الجدير به قبل تأريخ رشدى راشد للرياضيات العربية وفلسفتها.

في هذا الإطار الجديد، مثلت رسالة إبراهيم الحلبي، الفيلسوف-الرياضي المتأخر، في استخراج أعداد الاحتمال التقريبية من أى عدد كان، أول رسالة عن التحليل التوافقي في تاريخ الرياضيات. وفي الفصل عن الاحتمالات التقريبية جميعاً، وفي الرسالة كلها بعامة، استند إبراهيم الحلبي إلى بحث نصير الدين الطوسي بوصفه منهجاً لإقامة التوافق. وقد صاغ نصير الدين الطوسي (في طوس ١٢٠١م - في بغداد ١٢٧٣م {٥٩٧هـ - ٦٧٢هـ})، كما أسلفنا من قبل، العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، صياغة نوعية. فقد اقتبس الفيلسوف من الرياضيات أداة لحل مسألة منطقية-ميتافيزيقية. وقد أثر حل المسألة المنطقية-الميتافيزيقية بدورها في تاريخ الرياضيات وتقدمها. وكان التبادل بين التوافق والميتافيزيقا نموذجاً دالاً على هذه الحركة المزدوجة بين الرياضيات والفلسفة. ووجد الطوسي في نظرية ابن سينا عن صدور الكثرة عن الواحد وسيلة لتطبيق التوافق الجبرية على نظرية الفيض الميتافيزيقية.

و انطلق إبراهيم الحلبي من التعبير التالي : تعريف الاحتمالات التقريبية في إطار قواعد الحساب المطابقة:

(a) المادة، مادة الاحتمالات من k ième جنس، أى التوافق من دون تكرار وهي التوافق المعطاة سلفاً في القاعدة السابقة؛

(b) مجموع المادة والصورة لاحتمالات k ième جنس، أى الترتيبات من دون تكرار؛

(c) صورة الاحتمالات من k ième جنس : يكفى طرح المادة من المادة والصورة (b)؛

(d) صورة الاحتمالات بغض النظر عن الجنس، أى التبديلات لـ نون موضوعات، أى $n! = n(n-1)$ ؛

(e) المادة، الصورة وتكرار احتمالات k ième جنس، أى الترتيبات بتكرار لـ نون موضوعات مأخوذة k بوصفها k .

استخدم الحلبي المعجم نفسه الذى سبق أن استخدمه نصير الدين الطوسى : احتمالات، تكرار. واستخدم الحلبي المعجم نفسه الذى سبق أن استخدمه أرسطو : المادة، الصورة. وبعد وضع هذه القواعد، كتب الحلبي يقول إنه لتحديد الاحتمالات المادية، أى لتحديد التوافق من دون تكرار، هناك منهج لتحديد العقول العرضية. هنا يقتبس الطوسى. ويرسم المثلث العددي حتى ١٢ ويجمع عناصر الاحتمالات البسيطة لاستخلاص العدد ٤٠٩٥ الذى كان الطوسى قد أشار إليه الطوسى من قبله. ويسمى الاحتمالات المركبة ويقول إن مجموع التعابير = الاحتمالات البسيطة + الاحتمالات المركبة. من هنا ابتعد الحلبي درجة عن الطابع الوجودى لميتافيزيقا ابن سينا كما سبقه إلى ذلك نصير الدين الطوسى وإن كان المصدر الأصيل فى الاتجاه نحو التحليل التوافيقى هو السؤال الميتافيزيقى.

بدأ إبراهيم الحلبي بطرح السؤال حول المناهج المختلفة الممكنة لدراسة "الاحتمالات التركيبية". وكان هدفه واضحاً ألا وهو تحديد عدد الاحتمالات المتوافقة لعدد ما من الموضوعات. واستبعد المنهج التجريبي فى العد، لأن لا يقدم أية قاعدة عامة، وإن كان فعالاً فى الحالات البسيطة. ويقوم هذا المنهج على عد مجموع ثلاثة عناصر (a, b, c) ، تمثيلاً لا حصراً، وفى هذه الحال تنهض سبعة "احتمالات متوافقة"، ألا وهى : $\{a, b, c, ab, ac, bc, abc\}$. والمسألة واضحة فى حال مجموع ن عنصرأ. وأما المنهج الثانى فهو يقدم قاعدة عامة. وهى تعادل التعبير : $u_n = 2u_{n+1} + 1$ مع u_n هى مجموع الاحتمالات المتوافقة فى ن عنصرأ. وفى لغة الرياضيات الحديثة^(٥٢) :

$$u_n = \sum_{a=j}^n \binom{n}{k}$$

و ينهض هذا المنهج على القاعدة المعروفة منذ القرن العاشر عشر الميلادى على النحو التالى :

$$\binom{n}{k} = \binom{n-1}{k-1} + \binom{n-1}{k}$$

لكن الحلبي استبعد هذا المنهج، الذي يقضى باستخدام حساب معقد، حساب كل u_j لتعريف منهج أفضل، انطلق الحلبي أولاً من التعبير :

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} kn,$$

مع العلم بأن :

$$\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$$

و مع العلم أيضا بأن

$$\binom{n}{n-r} = 0; \binom{n}{n} = \binom{n}{0} = 1.$$

بعد ذلك يحد "احتمالات متوافقة" عدة، مع قواعد الحساب المطابقة. من هنا لدينا، كما أسلفنا من قبل، :

(a) المادة، مادة الاحتمالات من k ième جنس، أى التوافق من دون تكرار وهى التوافق المعطاة سلفا فى القاعدة السابقة؛

(b) مجموع المادة والصورة لاحتمالات k ième جنس، أى الترتيبات من دون تكرار :

$$A_n^k = K! \binom{n}{k} = \frac{n!}{(n-k)!}$$

(c) صورة الاحتمالات من k ième جنس : يكفى طرح المادة من المادة والصورة (b)؛

(d) صورة الاحتمالات بغض البصر عن الجنس، أى التبديلات ل نون موضوعات، أى $n! = n(n-1) \dots 1$

(e) المادة، الصورة وتكرار احتمالات k ième جنس، أى الترتيبات بتكرار لـ "نون" موضوعات مأخوذة k بوصفها k ، أى nk .

و يسجل رشدى راشد، كما أسلفنا، أن المعجم التقنى للغة التحليل التوافيقى الذى يستخدمه الحلبي، فى تلك "الرسالة" التى يستند إليها رشدى راشد فى تحليله، أقول يسجل رشدى راشد أن معجم الحلبي يتكون من ألفاظ مركبة سبق أن استخدمها الطوسي، ومن ألفاظ من إبداعه هو، كلفظ "الاحتمالات"، و"التكرار"، ومن ألفاظ مقتبسة من لغة أرسطو، كلفظ "المادة"، و"الصورة"، وهما اللفظان اللذان يفرضان عليه مسائل غريبة عن موضوع بحثه، بعبارة أخرى، هما اللفظان اللذان يفرضان عليه مسائل ثانوية فى هذا السياق، بل يثيران الغموض حول العرض، وبخاصة حين يثير السؤال حول الفصل بين المادة والصورة.

و بعد وضع هذه القواعد، كتب الحلبي، بحسب نقل رشدى راشد، يقول إنه لتحديد "الاحتمالات المادية"، أى لتحديد التوافق من دون التكرار، هناك منهج آخر سبق أن ورد بشأن تحديد "العقول العرضية". وهنا يورد نص الطوسي، تارة بالكلام، وتارة أخرى، بالحساب. ومن هنا يرسم المثلث الحسابى حتى العدد ١٢، ويجمع عناصر القطر، التى يسميها "الاحتمالات البسيطة"، لكى يصل إلى العدد ٤٠٩٥، الذى سبق أن أورده الطوسي، ويسمى "الاحتمالات المركبة" ما يلي^(٥٣) :

$$(**)(\sum_{A=1}^m \binom{m}{k})(\sum_{j=1}^n \binom{n}{j}) M=4.n=12,$$

و يبين أن حاصل جمع (*) هو حاصل جمع الاحتمالات البسيطة والاحتمالات المركبة. ويجرى الحلبي حسابات أخرى على المعطيات التى سبق أن حددها الطوسي، ونظر فى نص سلفه. وهو يتعلق كله بالخواص التوافقية بوجه خاص. وقد بدأ المحتوى الوجودى فى نص الطوسى رحلته إلى الزوال ثم تأكد هذا الزوال تماما فى مخطوطة الحلبي، الذى لم يبق إلا على مناهج التحليل التوافيقى والنتائج الضرورية للتحليل التوافيقى. وبالتالي فالشكل الصورى الذى اتخذته نظرية ابن سينا والاتجاه نحو علم الوجود الشكلي، قد مكنا الطوسى من أن يتصور حلا رياضياً للمسألة الميتافيزيقية. وقد دخل هذا الحل فى نسيج البحث الرياضى نفسه بصرف النظر عن المسألة الميتافيزيقية التى ولدته. وكان ذلك ممكنا نتيجة قدرة الكائنات التوافقية على أن تكون عقولا منفصلة بعدد كبير محدود.

لكن زال المحتوى الوجودى لنظرية الفيض، فى البحث الرياضى من ابن سينا إلى الحلبي، لصالح المناهج التوافقية، وإن صدرت هذه المناهج، فى الأصل، عن مشروع وجودي. لكن وحد الطوسى التيار اللغوى والتيار الرياضى، وأسس لهذا التيار، وللتحليل التوافيقى. وإن كان الحلبي رياضيا من الدرجة الثانية، فقد أمن الوجود المستقل لهذا الفصل من فصول الرياضيات، حين خصص له رسالة مستقلة، وسماه باسمه المعروف اليوم. لكن بين الطوسى والحلبى، كان هناك من استلهموا الطوسى أمثال كمال الدين الفارسى وابن البناء. وقد

سبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب، في الفقرة المتعلقة بالبحث الرياضى فى اللغة العربية، عن "الأعداد المتحابّة، وأجزاء القواسم التامة، والأعداد الشكلية فى القرنين الثالث عشر الميلادى والرابع عشر الميلادى"، إلى أن معرفة أصل نظرية الأعداد ومتابعة تسلسلها فى القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادى، تمثل معرفة تاريخية-رياضية إشكالية. وبدل أن يلجأ المؤرخ إلى تحديد هذه المشكلة بتخطى القرون ويضع باشيه دو مزرياك أو بيار فرما بعد إقليدس وديوفنطس. فالمؤرخ، فى هذه الحال، لا يجتزئ التاريخ وحسب بل يزيّف تقدير النتاج المجدد لهذا أو ذاك من حسابيّ القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادى. فمنذ القرت التاسع عشر ظل ليونارد دو بيز المعروف بفيبوناتشى يعطل الجواب على هذه الأسئلة. فنصه البحث الذى يحتوى على نتائج نظرية الأعداد كان قد عرفه الرياضيون مثل لوقا باشيولى. ولا ينكر رشدى راشد أن فيبوناتشى كان يعرف الرياضيات العربية، كما أن معرفة تاريخ هذه الرياضيات تؤسس لطرح مسألة أسلوب هذا العلم والمساهمة المجددة للقرن السابع عشر الميلادى. ثمة واقعتان تبرزان ضد الطرح العنصرى، كشفت عنهما فى القرن التاسع عشر الميلادى أعمال وييكو وكان بإمكانهما تنبيه المؤرخين ألا وهما : الحالة الأولى لمبرهنة بيار فرما ومبرهنة ثابت بن قرة عن الأعداد المتحابّة. لقد برهن رشدى راشد عدم دقة وجهة النظر هذه حول تاريخ نظرية الأعداد فى التحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة. رأى التحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة النور فى القرن العاشر الميلادى. وقد تشكّل بفضل الجبر الموسع منذ الحوارزمى وضده وفى ضوء قراءة إقليدية غير ديوفنطسية "المسائل العددية" لديوفنطس التى كاد قسطا بن لوقا أن ينهى ترجمتها. وقد عرض رشدى راشد لمساهمة للخجندى والخازن وابن الهيثم، وغيرهم فى القرن العاشر الميلادى فى إعداد التحليل الديوفنطسى الصحيح. وهناك مجال آخر من نظرية الأعداد وهو فصل شديد الارتباط بكتاب "الأصول" لإقليدس، أى دراسة أجزاء القواسم التامة، وهى دراسة ضرورية لدراسة الأعداد التامة والأعداد المتحابّة بوجه خاص. وتبدو لرشدى راشد هذه الدراسة فى تاريخ النظرية الاولى للأعداد، دراسة نموذجية، لسببين:

(١) تاريخ أجزاء القواسم التامة والأعداد المتحابّة كان قد كتب مرات عدة بطريقة تبدو وكأنها نهائية من جهة؛

(٢) يبدو هذا التاريخ كما يمكن أن نقرأه قد تطور من دون ارتباط بغيره من العلوم الرياضية مجردا من أى مساهمة فعلية فى مجمل نظرية الأعداد. من هنا بين رشدى راشد أن تطبيق الجبر فى المجال التقليدى الإقليدى لنظرية الأعداد أسس لنتائج متعددة مازالت تنسب حتى الآن إلى رياضى القرن السابع عشر الميلادى كمثل دراسة دالتين حسابيتين أوليتين أو الأعداد الشكلية

والتحليل التوافقي والأعداد المتحابة نفسها، مع أنها تعود إلى رياضى القرن الثالث عشر الميلادي.

فى هذا الإطار كان هدف كمال الدين الفارسى من الأعداد المتحابة هو إعادة إثبات برهان نظرية ابن قرّة. ولقد أسس هذا البرهان الجديد على معرفة منهجية لقواسم العدد الطبيعى والعمليات التطبيقية، مما قاده إلى إعادة تنظيم جذرية لهذا الفصل من نظرية الأعداد. فقد تجاوز كمال الدين الفارسى تغيير الحساب الإقليدى إلى إبداع موضوعات جديدة فى نظرية الأعداد. وكان عليه تعميق ما كان ابن قرّة قد قاربه وبخاصة التحليل التوافقي وطرقه. كان من الضروري إذن التحقيق فى تحليل عدد طبيعى إلى عوامله لإدخال الطرق التوافقية ومعرفة عدد القواسم أو القواسم الفعلية. كان هدف كمال الدين الفارسى من الأعداد المتحابة هو بالتالى الاتجاه نحو دراسة جديدة للدوال الحسابية الأولية. وانفتح بحث كمال الدين الفارسى على ثلاث قضايا من قضايا ما سمي بعد ذلك بمبرهنة الحساب الأساسية.

وضعت مساهمتان فى نهاية القرن الثالث عشر الميلادى حدود معرفة الأعداد الشكلية موضع البحث، وهما :

(١) مساهمة ابن البناء الجزئية؛

(٢) مساهمة كمال الدين الفارسى العامة.

و يرجح رشدى راشد أن ابن البناء وكمال الدين الفارسى يقعان ضمن تقليد رياضى واحد.

بعد أن درس ابن البناء الأعداد المضلعة، قارب الأعداد المثلثة وتلك الصادرة عن مجاميعها أى الأعداد الشكلية من الدرجة الرابعة، فأقام الصلة بين التوافق المستخدم فى المعاجم وبين الأعداد الشكلية. فأهم ما فى بحث ابن البناء هو النهج التوافقي والصلة التى يقيمها جزئياً بين الأعداد المتحابة والتوافق. والمقصود فى المقام الأول الأعداد المثلثة وتوافق p عنصر مأخوذة فى كل مرة اثنين اثنين، والأعداد الشكلية من الدرجة الرابعة وتوافق p عنصر مأخوذة فى كل مرة ثلاثة ثلاثة. وحتى بداية القرن السابع عشر الميلادي، فإن باشيه دى مزيياك لم يتجاوز ذلك الإسهام لابن البناء. اقتصر ابن البناء على درجتين من الأعداد الشكلية واستند الصلة بين الأعداد الشكلية والتوافق.

فى فصل توافق نموذجين من الأعداد الشكلية، هدف ابن البناء إلى تبيان كيف يمكن للأعداد الشكلية أن تكون ذات نفع فى حساب "توافق الكلمات الثلاثية" فى حقل المعجميين، واهمل تماماً أجزاء القواسم التامة،

وتخلّى عن الأعداد المتحابّة. وحين انصرف الرياضيّ إلى دراسة أجزاء القواسم التامة ومعرفة جميع التوافق الضرورية لحساب عددها، انتقل لمستوى آخر من العمومية، ولا يعود بإمكانه التوقف قبل ما أسماه بليز باسكال فيما بعد "استعمال المثلث الحسابي للترتيب العددي". وقد كشف رشدي راشد عن كل هذا في بحث كمال الدين الفارسي. فإن وضع الأعداد الشكلية يختلف جذرياً عن مسألة عدد أجزاء القواسم التامة. لم تعد القضية مسألة هذه أو تلك من الأعداد المضلعة أو الهرمية، بل هي الأعداد الشكلية من أي درجة كانت.

مثل كمال الدين الفارسي إذن، وابن البناء، وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين الذين استلهموا طريقة الطوسي، أمثلة متعددة على فصل الفلسفة الرياضية في الإسلام الكلاسيكي. كما مثل كمال الدين الفارسي، وابن البناء، وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين الذين استلهموا طريقة الطوسي، أمثلة متنوعة على الدور الفعلي الذي تؤديه الرياضيات في فلسفة الإسلام الكلاسيكي. ثالثاً، مثل كمال الدين الفارسي، وابن البناء، وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين الذين استلهموا طريقة الطوسي، أمثلة متباينة على الدور الفعلي الذي تؤديه الفلسفة في هذا الفصل من "حيات في اللغة العربية الكلاسيكية".

خامساً : العناصر الأولى للفلسفة الرياضية الجديدة

في إطار تجديد الجبر عند السموأل بن يحيى بن عباس المغربي

(متوفى حوالي سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)

سبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب إلى الدور الذي لعبه الكرجي والسموأل بن يحيى بن عباس المغربي (متوفى حوالي سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)، في تاريخ إعادة التأريخ للاستقراء الرياضي. أعاد الدارسون كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي مرات عدة منذ مطلع القرن العشرين، على نحو التقريب.

من جهته، عرض رشدي راشد لعناصر لم تنشر من قبل. وبين رشدي راشد أن هناك محاولات سبقت موروليكو وليفي بن جرسون، وهي محاولات الكرجي والسموأل. وأعاد رشدي راشد كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات الكرجي والسموأل، لا من منجزات علماء القرن السابع عشر الميلادي. وبالتالي فهو الإمتداد المتطور لإعادة المؤرخين الغربيين كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي منذ مطلع القرن العشرين.

أشرنا في الفصل الثاني من الباب الثاني إلى تحقيق رشدى راشد لمخطوطة ككتاب "الباهر"، الذى دقق فيه السموأل موقف الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادي^(٥٤). وأسس ككتاب "الباهر" لدراسة بداية جديدة للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي. طور السموأل رياضيات الكرجي. فهو من جهة علامة غير عادية على وضع الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادي، وهو من جهة ثانية، تعميق حسنة الجبر التى بدأها الكرجي، مما أدى إلى كشف جديدة وإلى تأريخ جديد لأربع مجالات أساسية فى تاريخ الحساب والجبر :

(١) ضرب وقسمة القوى الجبرية؛

(٢) نظرية قسمة متعددة الحدود؛

(٣) حساب العلامات؛

(٤) المعاملات الجبرية ذات مخرج ذو حدين وصيغة المخرج ذى حدين.

فى ضوء ذلك التاريخ والتحقيق الرياضيين، كشف رشدى راشد، لدى عالم الرياضيات السموأل، عن تفكير معين حول الرياضيات، أو عن فلسفة محددة فى الرياضيات لم تصدر عن فيلسوف إنما صدرت عن عالم رياضيات. لم بين السموأل نظاماً فلسفياً، إذا ما قورن بالنظم الميتافيزيقية الشهيرة فى ما سمي باسم القرون الوسطى فى التأريخ الغربى التقليدي. فهى نتاج الرياضى فى أثناء ممارسته الرياضيات. لذلك لم يذكره مؤرخو الفكر فى ما سمي باسم العصر الوسيط فى التواريخ التقليدية، الذين استحوذت عليهم الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو الفقه، أو ردة الفعل التقليدية على تلك الاتجاهات التى مثلها آنذاك ابن حزم^(٥٥) وابن تيمية^(٥٦). وذلك مع أن الفكر فى ما سمي باسم العصر الوسيط الذى استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه، من بابوس أو برقلس، أى أن الفكر فى ما سمي باسم العصر الوسيط الذى استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه من التراث اليونانى القديم. ولم يغير أطر التفكير الإغريقي، لصالح فكر عربى متميز. و تغير أطر التفكير الإغريقي، لصالح فكر عربى متميز بدءاً من الجبر. بدأ النظر فى الصلة التى تربط الجبر بالهندسة، وطريقة الجبر وتصنيف المسائل والقضايا. كان التوسيع التقنى تماماً للحساب الجبرى الأداة الرئيسة والنتيجة الأولى لتحقيق مشروع الكرجي، الذى كان يعنى تطبيق الحساب على الجبر، وتأمين استقلال العمليات الجبرية، وفصلها عن الهندسة. وقد عارض بعض مؤرخى الرياضيات، فى ضوء هذا الروح التقنى أو العملى لدى الرياضيين العرب، بين الرياضيات العملية العربية وبين الرياضيات النظرية اليونانية. واقع الأمر أن تجديد الجبر أدى إلى فكر جديد حول وضع هذا العلم. قبل السموأل لم يكن الجبر يحتل موقعاً معيناً فى "إحصاء العلوم" للفارابى

(ت ٩٥٠). انقسم العلم الرياضى لدى الفارابى إلى سبعة أجزاء عظمى أحصاها فى أول كتاب "إحصاء العلوم" قائلا إن : " علوم التعاليم، وهى العدد والهندسة وعلم المناظر وعلم النجوم العلوى وعلم الموسيقى وعلم الأتقال وعلم الحيل"^(٥٧)، من دون ذكر علم الجبر. لم يكن الجبر يحتل موقعا معينا فى موسوعة ابن سينا (ت ١٠٣٧) للعلوم. انحصرت الرياضيات لدى ابن سينا على العلوم نفسها التى سبق أن أوردها الفارابى.

لكن فى القرن الرابع عشر الميلادى، احتل الجبر موقعه فى تصنيف ابن خلدون للرياضيات. كان أول علوم الرياضيات، علم الهندسة، وهو النظر فى المقادير على الإطلاق. وكان ثانيها علم الأرتماطيقى، وهو معرفة ما يعرض لكم المنفصل الذى هو العدد، ويوجد له من الخواص والعوارض اللاحقة. وكان ثالثها علم الموسيقى، ورابعها علم الهيئة. كان ثانى علوم الرياضيات عند ابن خلدون علم الأرتماطيقى. وقد عرف مؤرخ العلوم من تقليد نظرية الأعداد كما وردت فى كتب إقليدس، شروحات إقليدس كشروحات ابن الهيثم نفسه ونتائج ثابت بن قرة حول الأعداد الكاملة والأعداد المتحابّة. فإنها تؤول إلى تصور واحد للحساب : حساب الأعداد الصحيحة التى يمكن تمثيلها بقطع مستقيمة، الأمر الذى لم يؤسس للبراهين ولا على طريقة إقليدس فى كتاب "الأصول". فإن هذا المعيار فى البرهان لم يمثل قيذا على طريقة البحث وحسب بل فرق بين نوعين من الحساب :

(١) حساب "الارتماطيقا" اليونانى. فإذا أستقرت الأعداد وميزت، وجد بالتمييز والإعتبار الخواص كلها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يسمى الارتماطيقا. ويتبين ذلك فى كتاب "الارتماطيقا" نيقوماخوس الجرشى؛

(٢) حساب "علم العدد" العربى. وخواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، هى محتوى المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس.

أسس إذن تفكير الكرجى، فى الجبر، لفصل جديد من فصول الفلسفة الرياضية. وكانت الهندسة، والحساب، والموسيقى، وحدها مدار الفلسفة الرياضية، ثم صار الجبر أحد مدارات الفلسفة الرياضية. وصار الجبر فى ذاته وفى علاقته بالعلوم الرياضية الأخرى، مدار تفكير الكرجى الفلسفى. فى كتابه "البديع" بحث الكرجى فى العلاقة بين الجبر والهندسة، وبالتالى فى تصور الجبر نفسه، وقارن بينهما، باحثا عن أوجه الشبه، وعن أوجه الاختلاف. إن الهندسة علم عملى بينما الجبر مجرد، ولا ينفصل الموضوع الهندسى عن التمثيل المكانى، بينما ينفصل الموضوع الجبرى عن التمثيلات كافة. وتنهض الهندسة على الخط، بينما ينهض الجبر على الشيء أو x . وتشاهد الهندسة الشكل بينما الجبر عقلى. ويستقل المجهول الجبرى، سواء أكان عددا أو خطأ، عن تمثيله المكانى. والشيء X الذى ينهض عليه الجبر تحدده وظيفته، بوصفه عنصرا

ضرورياً لتعريف القوى الجبرية. يتدخل الشيء بوصفه عنصراً، في التعريف الاستقرائي للقوى. يستقل الشيء أو المجهول X إذن عن صيغة وجوده بل يقتصر مجال وجوده على العمليات الذهنية، من دون أن يكون كائناً متميزاً. ويشبه الشيء أو المجهول X الموضوع الهندسى من جهة كونه وحدة قياسية. وينهض الطابع العام للجبر على تصوره للكمية المستقلة عن التمثيل الهندسي، وعلى التصور العام للعمليات. فالكمية هي الأعداد التامة، والأعداد النسبية، والأعداد الصماء الجبرية، والكميات الهندسية. والعمليات هي عمليات الجبر كافة. والعنصر المشترك بين الجبر والهندسة هو أولية التحليل على التركيب. لكن هذا العنصر المشترك بين الجبر والهندسة بدا لرشدى راشد أنه يتضمن أولية الجبر على الهندسة، ولا تستبقى هذه الأولية من الهندسة سوى الطريق التحليلية، وتهمل، في الوصف، التركيب. واستخلص السموأل، بعد ذلك، النتائج من هذا التصور، وماتل السموأل بين الجبر والتحليل، وبين الهندسة والتركيب، وعدل تلك المسألة التي بقيت مدار المسائل خلال قرون طويلة في فلسفة الرياضيات : مسألة التحليل والتركيب. وقد عاد السموأل الى كتاب مخصص بكامله لهذه المسألة مفقود الى الآن. ولم يقتصر السموأل ولم يكتف الكرجى بهذا القدر من التصور الفلسفي، إنما وسعا التصور الفلسفي توسيعاً تقنياً. وكشف رشدى راشد في كتاب "البديع" للكرجي، عن المحاولة الأولى لتصنيف المسائل الجبرية بحسب العمليات، والشروط، والكميات. ومن هنا حدد صنفين، صنفاً حيث المعطيات هي العمليات والشروط وحدها، وصنفاً آخر، حيث المعطيات هي الشروط والكميات.

من هنا حلل السموأل المسائل في المقالة الرابعة في تقسيم المسائل في كتاب "الباهر" (أتم تأليفه في ١٠ - جمادى الأولى - سنة ٧٢٩ هـ) من أصول الصناعة العددية، واما من أراد الوقوف على كيفية الحيل في المسائل على اختلاف أوضاعها، فعليه بشرح السموأل لكتاب ديوفنطس الاسكندراني فهو يحيط بالجزء العملي من الصناعة العددية. وقد طور السموأل تصنيف الكرجى للقضايا الرياضية والمسائل الرياضية. وفي الفصل الأخير من كتاب "الباهر"، حلل السموأل القضايا الرياضية والمسائل الرياضية، متوسلاً بلغة المنطق القديم، لكنه منح محتوى متميزاً للتصنيف الأرسطي للقضايا، والمسائل، الرياضية. وتتقسم المقالة الرابعة في هيكل المسائل في كتاب "الباهر" من أصول الصناعة العددية^(٥٨)، إلى ثلاثة أبواب :

١- القضايا الواجبة

أ- صف جزئي أول :

أ-١- القضايا أو المسائل التي يكون مطلوبها موجوداً في جميع الأعداد أو المتطابقات، مثل :

$$\text{إذا كان } z = x + y \text{ فإن } (z/x) \cdot z/x + z/y = (z/x)$$

نريد أن نجد عددين إذا قسمنا كل واحد منهما على الآخر كان مسطح العددين الخارجين بالقسمة على كل واحد منهما خرج من القسمة عددان مسطحهما مساو لمجموعهما فانا الواحد إذا قسمناه بأى قسمين شئنا كان هذا المطلوب موجودا فيهما؛ مثال ثان نريد أن نجد عددا إذا ضربناه فى أربعة أمثاله أو فى تسعة أمثاله كان المجتمع مربعا فان هذا المطلوب موجود فى كل عدد.

أ-٢- منها ما يكون مطلوبا فى بعض الإعداد وله أجوبة بلا نهاية، أو قضايها لها عدد لانهاى من الحلول من دون أن تكون متطابقة، مثل : أوجد عدد x بحيث :

$$x + 10 = a^2$$

$$x - 10 = b^2 \text{ و}$$

وبلغة السموأل : أوجد عددا اذا زيد عليه ١٠ كان المبلغ مربعا وان نقص منه ١٠ كان الباقي مربعا. فنجعل العدد المطلوب شئنا ونريد له ١٠ فيصير شئنا و ١٠ وننقص منه ١٠ فيبقى شيء الا ١٠ فقد صار معنا ملتان كل واحدة منهما مربعة وهى شئ و ١٠ وشئ الا ١٠. وقد بين السموأل فى الفن الاول من المقالة الثانية من ككتاب "الباهر" ان الفضل بين كل مربعين = ضرب مجموع جذريهما فى تفاضل الجذرين، و ٢٠ تركيب من ضرب ٢ فى ١٠ = ١٢ ونصف ذلك ٦ وهو جذر المربع الاكبر وتفاضلهما ٨ ونصفه ٤ وهو جذر المربع الاصغر لأن ١٠ هى مجموع العددين والاثنين تفاضلهما فان شئنا ربعنا ٦ وعادلنا بذلك المربع الاكبر وهو شئ و ١٠ وان شئنا عادلنا مربع الاربعة بالمربع الاصغر وهو شئ الا ١٠ فيكون الشئ = ٢٦ احدا. وهو المطلوب. واجبة هذه المسألة غير متناهية. لأن مركب من الاعداد لا نهاية لها. ويحلل السموأل هذه المسألة بالاصول الخطوطية وجعل سطح أ ب ج عشرة ونقسم أ ج نصفين على نقطة د فيكون سطح ب هـ خمسة ونصل ب هـ. فقد بين السموأل فى الشكل الثانى من الفن الاول و ٢ من الباب الرابع من المقالة الثانية أن مربع ب هـ واذا زيد عليه ضرب أ ب فى أ هـ مرتين كان المبلغ مربعا وان نقص منه كان الباقي مربعا لأن مثلث فى أ ج لأن أ ج ضعف أ هـ فمربع ب هـ اذا زيد عليه ضرب أ ب فى أ ج أعنى سطح ب ج كان المجتمع مربعا وان نقص منه سطح ب ج كان الباقي مربعا. فمربع ب هـ هو المطلوب. لكن مربع ب هـ مساو لمربع أ ب ومربع أ هـ وأ ب < أ هـ > هما عددان مسطحهم خمسة فقد انتج هذا البرهان أن مجموع مربعى كل عددين من الاعداد التى تركبت منها الخمسة هو المطلوب. فمن ذلك الخمسة تركبت من ضرب واحد فى خمسة ومجموع مربعهما ستة وعشرون وهو المطلوب. وايضا فان الخمسة تركبت من ضرب ٢ فى ٢ ونصف ومجموع مربعيهما عشرة وربع وهو المطلوب فاذا زدنا عليه عشرة صار ٢٠ وربع وجذره اربعة ونصف. فاذا نقصنا منه ١٠ بقى ربع وجذره نصف. والاعداد التى

تركبت منها الخمسة لا نهاية لها الا انا اذا قسمنا الخمسة على اى عدد شئنا كان المقسوم عليه والخارج من القسمة ضلعين للخمسة وكل عدد من أضلاع الخمسة فانهما ينتجان جوابا غير نتيجة سواهما فوجب من ذلك أن يكون المطلوب فى هذه المسألة موجودا فى اعداد لا نهاية لها. ومثال ثان نريد أن نقسم عددا مربعا بقسمين مربعين فان هذا ايضا له جوابات لا نهاية لعددها كما بينا فى الفن ٢ من المقالة ٢. ومثال ثالث نريد أن نعمل على خط مفروض مثلثا قائم الزاوية

أ-٣- منها ما له أجوبة كثيرة ولكنها متناهية فلا تمكن الزيادة عليها، وهى مسائل عدة غير محددة.

ومثال ماله اجوبة كثيرة متناهية نريد ان نشتري ب ١٠٠ درهما مائة طائراً من ٣ اصناف بط وحمام ودجاج وكل بطة بدرهمين وكل ثلاث حمامات بدرهم وكل دجاجتين درهم والمطلوب فى هذه المسألة أن تقسم مائة بثلاثة أقسام مرتين تكون نسبة القسم الاول من القسمة الاولى الى القسم الاول من القسمة الثانية كنسبة اثنين الى واحد ونسبة القسم الثانى من القسمة الاولى الى القسم الثانى من القسمة الثانية كنسبة واحد الى ثلاثة ونسبة القسم الثالث من القسمة الاولى الى القسم الثالث من القسمة الثانية كنسبة الواحد الى الاثنين وأن تكون اقسام القسمة الثانية صحاحا لا كسر فيها. فليكن ما اشتري من الحمام شيئاً بثلاث شئ من الدراهم وعددا من الدجاج نصف عدد من الدراهم فيبقى من الدراهم مائة الا ثلث شئ والا نصف عدد ومن الطائر مائة بطة الا شيئاً والا عددا. ونبتاع بها من حساب بطة بدرهمين فنجد ثمنها مثلى عدتها وهو مائتا درهم الا شينين والا عديدين يعدل ما بقى من الدراهم وهو مائة درهم الا ثلث شئ والا نصف عدد. فنقابل بها فيبقى مائة درهم الا عدد والا نصف عدد يعدل شيئاً وثلثى شئ فالثى يعدل شينين من العدد الا تسعة أعشار عدد الدجاج وأول ما يمكن أن يكون عدد الدجاج عشرة ليكون تسعة أعشار عددا صحيحا والحمام ستون الا تسعة أعشار عشرة فيجب أن يكون الحمام أ هـ ومجموع عدد الحمام والدجاج ٦١ والبط ما بقى الى تمام المائة وهو ٣٩ بطة. فقد صح أن الحمام ٥١ والدجاج عشرة والبط ٣٩ ولا نزال نزيد على عدد الدجاج عشرة عشرة ونلقى تسعة أعشار ما تجمع من الستين فهو عدد الحمام واعدد الذى نعمل حتى يكون تسعة أعشار ما يجتمع من عدد الدجاج أكثر من ستين فاذا جاوز الستين فقد تناهت الجوابات ولم يبق جواب. وعدد الأجوبة فى هذه المسألة ستة. وهذه المسألة هى الثانية من كتاب الطير لأبى كامل.

أ-٤- ومنها ما له جواب واحد، ما له جواب واحد

و مثال ماله جواب واحد : نريد أن نجد عددا اذا ضربناه فى عديدين مفروضين كان من ضربه فى احدهما عددا مربعا ومن ضربه فى الآخر ضلع ذلك المربع فليكن العددان ٥ ٢٠٠ ونريد أن نجد عددا اذا ضربناه فى ٢٠٠ خرج مربع واذا ضربناه فى خمس خرج ضلع ذلك المربع. فلنقسم المائتين على مربع الخمسة

فيخرج من القسمة ثمانية وهو العدد المطلوب. برهان ذلك أن الثمانية يضرب في ٢٥ فيخرج مائتان لأن المائتين مساو لضرب مربع الثمانية في مربع الخمسة لكن ضرب مربع ٨ في مربع الخمسة مساو لمربع ضرب الثمانية في مربع الخمسة. فضرب الثمانية في الخمسة مساو لجذر ضرب ٨ في ٢٠٠ وذلك ما أراد السموأل بيانه.

ب - صف جزئي ثاني : ومنها ما يحتاج الى شرائط يستدل بها على صحة المعلومات

١- شرط واحد، مثل : ليكن a و b عددين معطيين، حدد x و y بحيث :

$$xy = b \text{ و } x^2 + y^2 = a \text{ فنجد كشرط ضروري أن } a > 2b$$

مثال ما يفتقر الى شرائط أن نوجد عددين يكون مجموع مربعيهما مساويا لعدد معلوم وضرب أحدهما في الآخر مثل عدد اخر معلوم. فان هذا السؤال يحتاج الى شريطة. وهي ينبغي أن يكون العدد المساوي لمجموع مربعيهما يزيد على ضعف السطح الذي يحيطان به. وهذا سبق أن ورد في الشكل السابع من المقالة الثانية من ككتاب أقليدس في "الأصول".

شروط متعددة، مثل : نظام مؤلف من n معادلة ب m مجهول حيث $m > n$.

وجد ١٠ أعداد اذا جمع كل ٦ منها كان المبلغ عددا مفروضا. وقد سئل السموأل عن هذه المسألة. كم ينبغي أن يكون فيها من المفروضات والشرائط؟ أجاب السموأل أن : ١- المفروضات في هذه المسألة ١٠ ؛ ٢- يحتاج فيها الى ٥٠٤ شريطة. وقد وضع السموأل هذه المفروضات في جدول. ودلل على ألفاظه بحروف الهند. ووضع بازاء كل مفروض حرفا من أحرف المعجم يدل على. وحصل على ٢١٠ معادلات خطية. ثم درس السموأل توافق ٢١٠ معادلات خطية، واعتبر ما يلي : $i, j; 1 \leq i \leq 10, 1 \leq j \leq 10, i \neq j$ المجموع L_{ij} من أزواج التوافق، بحيث أنه بالنسبة لكل واحد على حدة، تظهر X_i في المكون الأول C_1 ، وتظهر X_j في المكون الثاني C_2 ، وبحيث أنه إذا $k - i$ وتظهر X_k في المكون الأول C_1 يوجد $m - j$ بحيث X_m تظهر في المكون الثاني C_2 و $X_m = X_k$ ، ويشترط السموأل التفريق بين المعادلتين المطابقتين لمكوني الزوج المنتمى إلى L_{ij} ويشترط أن يكون هذا الفرق ثابتاً، وعلى سبيل المثال :

$$(123456, 234567) \text{ et } (123458, 234578) \in L_{17}$$

و الفروق بين الجموع المطابقة لا بد أن تكون متماثلة، على النحو التالي :

1234561	123458175
234567194	234578184

والفرق دوما هو ١٤، ويعدد السموأل عد الشروط التى لا بد للنظام أن يحققها ويجد ٥٠٤٠، إذا كنا أجرينا التباديل كافة. ويذكر مع ذلك بأنه إذا ألغينا التكرار، نجد ٥٠٤ فقط لكى يكون النظام مطابقاً. وبعد تحقيق شروط التطابق، يكافىء النظام التالى :

$$\begin{array}{lll} X_2-x_1=3 & X_5-x_1=24 & X_8-x_1=19 \\ X_3-x_1=8 & X_6-x_1=6 & X_9-x_1=24 \\ X_4-x_1=15 & X_7-x_1=14 & X_{10}-x_1=4 \end{array}$$

٢- القضايا الممكنة

و أورد السموأل أن القضايا الممكنة هى تلك المسائل التى لانعرف أن نبرهن على صحتها ولا على خطأها. وهى تختلف عن المسائل غير المحددة وعن المسائل الخالية من المعلومات. لأن المسائل الغير المحددة مسائل واجبة. والممكن هو ما لا يستحيل فيه وجود حلوله ولا نفيها، بينما نفى الحلول للمسائل الغير المحددة، يعده السموأل أمراً محالاً. فإن كل قضية ومسألة ينظر فيها الحاسب أو المهندس بأنه إذا بحث عنها قد يبرهن على وجودها، فيسميها قضية واجبة أو مسألة واجبة، وقد يبرهن على امتناعها، فيسميها ممتنعة، أو لا يبرهن على وجودها ولا على عدمها أو امتناعها، فهو إذن جاهل بها، فيسميها قضية ممكنة، لأنه لم يبرهن على وجودها وعدمها. لأن ذلك يؤدي إلى أن الموجود معدوم والواجب ممتنع. وهو محال.

وقد ظن البعض أن المسائل السيالة والناقصة المعلومات كلها ممكنة، وهو رأى ضعيف، لأن الممكن مالا يستحيل عدمه ولا وجوده، والمسائل السيالة مستحيل عدمها. وقد أورد السموأل مثالا دالا على ذلك. نريد ان نجد عددين نسبة أحدهما الى الآخر كنسبة مربع الى مربع. فهذه يعتقدها البعض من الممكنات. ونحن اذا افترضنا عدداً فأن نسبته الى ٤ امثاله أو ٩ امثاله كنسبة مربع الى مربع، فقد وجدنا عددين كما أردنا، واذا وجدناهما فلا يمكن أن نتوهمها غير موجودين. لأن ذلك يؤدي الى أن الموجود غير موجود. وأورد السموأل مثالا دالا آخر. نريد أن نجد عددين يكون ضرب أحدهما فى الآخر مائة. فأن هذه المسألة واجبة الوجود. لأن لو توهمنا العددين غير موجودين مع وجود ٢٠ و ٥ اللذين مسطحهما ١٠٠، لكان ذلك محالاً. فليست ممكنة ولا ممتنعة بل هى واجبة. قد يجوز ان يفرض السائل عددين ويكون مسطحهما ١٠٠. فاذا وجد المسؤول عددين مسطحهما ١٠٠، فيمكن ان يكون لدىك العددين، ان يتعداهما الى غيرهما. فذلك هو وجه الامكان فى المسألة. ويعنى السموأل إمكان موافقة السؤال للأعداد التى فى نفس السائل، لا لوجود المسألة فى نفسها، لأنها واجبة.

المسائل الممتنعة

أورد السموأل أن المسائل الممتنعة هي التي متى فرضت موجودة أدى وجودها إلى المحال. ومنها ما يمتنع من جهة تحديده. ومنها ما يمتنع من وجهة مفروضاته. وضرب السموأل مثلاً دالاً على ما يمتنع في تحديده قائلاً إن نريد أن نجد عددين نسبة أحدهما إلى الآخر كنسبة مربع إلى مربع وضرب أحدهما في الآخر غير مربع. فإن هذا المطلوب محال من جهة تحديده. فلأن مسطح كل عددين متشابهين لا يكون إلا مربعاً. ومثال ما يمتنع في مطلوبة وهو الذي يستحيل من جهة مفروضاته. لأنها لو بدلت بسواها لم يكن المطلوب ممتنعاً. نريد أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مساوياً لمجموع جذريهما وضرب أحدهما في الآخر ٧٢ أحداً. فإن هذا المفروض محال. لأن جذري المربعين المطلوبين لا يخلو حالهما من أن يكونا أكثر من الواحد أو أقل منه أو أن يكون احدهما واحداً والآخر أكثر من الواحد أو الآخر أقل منه، أو أن يكون أحدهما واحداً والآخر أكبر من الواحد أو أقل. فإن كان أحدهما مساوياً للواحد فهو مساوٍ لمربعة. فلا بد أن يكون المربع الآخر مساوياً لجذره. فهو واحد وضرب أحدهما في الآخر ٧٢، وأن كان أحدهما أقل من الواحد فهو أكبر من مربعه فمربعه أصغر من الواحد والفصل بينه وبين مربعه أقل من الواحد. ولما كان مجموع المالين مساوياً لمجموع جذريهما، فلا بد أن تكون زيادة أحدهما على جذره مثل نقصان الآخر عن جذره، ولكن نقصان احدهما عن جذره أقل من الواحد، فزيادة الآخر على جذره أقل من الواحد، لكن ٤ زائدة على جذرها ب ٢ و ٩ زائدة على جذرها ب ٦ و ١٦ زائدة على جذرها، ويتبقى ١٠ و ٢٥ زائدة على جذرها ب ٢٠، فالمربع الذي يزيد على جذره بأقل من الواحد لا بد أن يكون أقل من ٤. فكلما تزايدت المربعات بعدت عن جذورها. وقد بين السموأل أن المربع الأصغر أقل من الواحد، فمجموع المالين أقل من ٥ وضرب أحدهما في الآخر ٧٢. وهذا محال. لأن كل عددين فإن ضرب أحدهما في الآخر أقل من مربع نصف مجموعهما كما يظهر في "الأصول" لأقليدس.

و هكذا صنف عالم رياضى من مدرسة الكرجى التصنيف التالى للقضايا : قضايا واجبة، وقضايا ممكنة، وقضايا مستحيلة.

القضايا الواجبة :

(١) – الفئة الفرعية الأولى

أ – ١ – " القضايا " أو " المسائل التى يكون مطلوبها موجودا فى جميع الأعداد " ، أى بعبارة أخرى المتطابقات ؛

١-٢ - " ما يكون مطلوبها أعدادا بلا نهاية " أي، بعبارة أخرى، قضية لها حلول لا متناهية، مع عدم كونها متطابقة ؛

١-٣ - " ما له حلول كثيرة ولكنها متناهية "، ومن أمثلة ذلك عدة مسائل غير محددة ؛

١-٤ - " ما له حل واحد " .

القضايا الممكنة :

وهي قضايا لا يعرف البرهان على حقيقتها ولا على بطلانها أو هي كل قضية ومسألة ينظر فيها الحاسب أو المهندس فإنه إذا بحث عنها لا يخلو من أن يقع له برهان على وجودها فيسميها واجبة، أو على امتناعها، فيسميها ممتنعة ومستحيلة، أو لا يجد برهانا على وجودها ولا على عدمها أو امتناعها فهو إذن جاهل بها فيسميها ممكنة، لأنه لم يبرهن على وجودها وعدمها لأن ذلك يؤدي إلى انعدام الوجود وامتناع الواجب. وهو محال. ولم يضرب السموأل أى مثل فى هذا الصدد، إلا أنه نبه إلى ضرورة التفريق بين المسائل الممكنة والمسائل غير المحددة إذ أن المسائل غير المحددة هي مسائل واجبة.

القضايا المستحيلة :

إنها القضايا التي، " متى فرضت موجودة، أدى وجودها إلى المحال."

إن هذا التفكير فى الممارسة الرياضية، ولا سيما الجبر الجديد، قد دفع العالم الرياضى إلى توجيه المفاهيم الأرسطية للواجب والممكن والمستحيل نحو مفهومى القابلية للحساب وامتناع القابلية للحسم، كما أنه ربطها بمفهوم قابلية المعادلة للحل وبصورة أعم بمفهوم القابلية للحساب فعندما ترد قضية واجبة أ يعنى ذلك إثبات أ أو نفى أ، بينما يعنى بالقضية الممكنة أ أن أ غير قابلة للحسم أو أنه لا توجد طريقة لإثبات أو نفى أ.

إذن، إلى جانب النتائج والطرق الجديدة فى تطبيق الحساب على الجبر، ظهر نوع من التفكير فى الرياضيات هو فلسفة ليست من الفلاسفة وإنما هى من الرياضيين. ولئن كان هذا التفكير أو كانت هذه الفلسفة تدور حول الموضوعات لا النظم، ولئن كانت بالمقارنة بالنظم الميتافيزيقية التى اشتهرت فى العصور الوسطى، قد تبدو ذات بنيان وجيز وحجج ضعيفة فأنها على الأقل تتميز بصورها عن ممارسة عالم الرياضيات لعمله. وقد يكون ذلك هو السبب فى أن المؤرخ لا يجد ذكرا لها فى تاريخ فكر العصر الوسيط الذى شغل عنها بالفلسفة التقليدية كما تمثلت فى علم الكلام، وفى رد فعل السلف الصالح كالاتجاهات التى

مثلها ابن تيمية أو ابن حزم. استعارت الفلسفة التقليدية كما تمثلت في علم الكلام، وفي رد فعل السلف الصالح كالاتجاهات التي مثلها ابن تيمية أو ابن حزم، موضوعاتها من "بابوس" أو أحيانا من "بروكلوس". فإن دخول الجبر الجديد في هذا المجال قد شكل الموضوعات "بابوس" أو أحيانا من "بروكلوس"، في محتويات مختلفة عن مضامينها المألوفة لدى "بابوس" أو أحيانا من "بروكلوس".

شرع الرياضيون في التفكير في مكانة الجبر وعلاقاته بالهندسة وأساليبها وتصنيف المسائل والقضايا، على أساس الجبر. إن عددا من الرياضيين الذين سلكوا هذا الاتجاه قد توصلوا، من بعد أن طابقوا صراحة بين الجبر والتحليل، إلى تعديل كيفية طرح هذا الموضوع الذي ظل مدار البحث لقرون طويلة في الفلسفة الرياضية، ألا وهو موضوع : التحليل والتركيب.

سادساً – فكرة "فن الاختراع" عند أحمد بن محمد بن عبد الجليل السجزي

سبق أن أشرنا في الفصل الثاني من الباب الثاني من هذا الكتاب إلى تسجيل رشدى راشد في القرن التاسع الميلادي، التقدم الفريد في إنشاء الاسطرلابات واستخدامها. وقد أثار الطلب المتزايد مضاعفة الأبحاث حول الاسقاطات بغرض إنشاء الاسطرلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندي وبنو موسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزي وغيرهم، على دراسة الرسم الهندسي للأشكال على الاسطرلاب، وعلى طريقة الاسقاطات. وكان قصد رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو من خلف التحقيق هو قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس في البحث في الرياضيات في القرنين التاسع الميلادي والعاشر الميلادي بل قاد الغرضان -قياس تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس(المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص)؛ قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس في البحث في الرياضيات في القرنين التاسع الميلادي والعاشر الميلادي- إلى بيان نشأة الوقائع الرياضية الكلاسيكية وتطورها. من هنا ظهر انتماء الرياضيين المسلمين إلى المدرسة الأرشميدسية الجديدة والمدرسة الأبولونية. لذلك خصص رشدى راشد جزءا مهما من بحثه لعلماء الرياضيات الأرشميديين الجدد، الذين حاولوا في ما بين القرنين التاسع الميلادي والحادي عشر الميلادي، استعادة طرق أرشميدس أو تجديدها بهدف حساب مساحات السطوح المنحنية، وأحجام المجسمات الناجمة عنها، لتحديد مراكز الثقل فيها، وبحوث من طوروا الهندسة التحليلية بفضل نظرية القطوع المخروطية. وقد بلغ ذلك التراث ذروته في بحث ابن الهيثم، كما فرض ابن سهل نفسه كأحد أكثر الوجوه بروزا في طائفة الرياضيين الذين لمعوا في النصف الثاني من القرن العاشر الميلادي جنبا إلى جنب مع القوهي وأحمد بن محمد الصاغانى والسجزي.

وقد كشف رشدي راشد عن آثار ابن سهل في بحث كان السجزي قد جمع فيه مسائل هندسية مختارة بهدف مناقشتها مع المهندسين في شيراز وخراسان، وهي مسائل انتقاها من كتابات أبولونيوس وثابت ابن قرة وابن سهل. ولقد برهن مسألة ابن سهل في مقاربة السجزي في كتاب أحمد بن محمد بن عبد الجليل السجزي في المسائل المختارة التي جرت بينه وبين مهندسى شيراز وخراسان وتعليقاته. وكتب الشنى رسالة أعاد فيها سرد قصة إنشاء المسبّع في الدائرة، كما أثار مسألة الوسيط، حيث تركّز نقده على أبى الجود بن الليث. فهو أكد في معرض قصة إنشاء المسبّع في الدائرة أن أبا الجود صاغ المقدمة التالية :

اقسم مقطعاً AB بنقطة C بحيث يكون :

$$AB = K^2 \cdot AC \quad (1)$$

$$\frac{k}{bc} = \frac{ab}{ab + bc}$$

وتقود قسمة AB إلى إنشاء المسبّع في الدائرة، لكن أبا الجود - بحسب قول رشدي راشد عن الشنى - أخطأ مرتين في برهانه :

١- اعتقد بإمكانية الحصول على هذه القسمة من خلال تقاطع مستقيم مع دائرة؛

٢- استبدل في مجرى البرهان، نسبة بأخرى مساوية لها.

وتبين للسجزي خطأ أبى الجود، ولما عجز عن برهانه توجه بالسؤال إلى ابن سهل الذي، كما يروى رشدي راشد بحسب الشنى، تمكن من "تحليل الخط إلى تلك النسبة بقطعين متقابلين من القطوع المخروطية - زائد ومكافئ - فحلله وأنقذه إلى أبى سعيد السجزي. وروى رشدي راشد عن الشنى قوله إن العلاء بن سهل ذكر فيما كتب به إلى أبى سعد السجزي مجيباً عما سألته عن قسمة الخط الذى تقدم ذكره تحليل شكل سألته عنه وهو سؤال : سطح أ ب ح د متوازي الأضلاع، أخرج قطره وهو ب ج وأخرج ضلع ج د على استقامة من جهة د بلا نهاية ؛ كيف نخرج خطأ كخط أ هـ ز ح حتى تكون نسبة مثلث ب هـ ز إلى مثلث ز د ح نسبة مفروضة ؟"

و روى رشدي راشد عن الشنى قوله إن إعطاء نسبة ما بين مثلثي أ هـ ب وز د ج فلا سبيل إلى ذلك. وتابع رشدي راشد قول الشنى إن بين المسألتين نسبة ما ويمكن الوصول إلى ذلك، لأنه إذا كان سطح أ ب ج د مربعاً، وكان مثلث أ هـ ب مساوياً لمثلث ز د ح فهو الشكل الذى قدمه أرخميدس لعمل المسبّع وسلك أبو

سهل القوهي فيه طريق تقسيم الخط على النسبة التي تقع فيه. ثم أورد رشدي راشد استهلام الشئى تركيب القوهي. إن فائدة رسالة الشئى هذه التي كتبها ضد أبى الجود بن الليث، إنها أضاءت الباحث حول الدور الأساس لابن سهل فى عمل المسبّع فى الدائرة، مؤكدة فى الوقت نفسه أصالة المسائل التي طرحها ابن سهل، كما أنها مكنت رشدي راشد من الكشف عن هوية مؤلف كتاب تركيب المسائل التي حلّها أبو سعد العلاء بن سهل.

و تميز كتيب ابن سهل حول خواص القطوع المخروطية الثلاثة باستعانة ابن سهل بالقضايا ١، ١١ و ١، ٢١ و ١، ٥٣ و ١، ٦٣ من كتاب "المخروطات" لأبولونيوس، من دون تصريح بذلك، فقد كان هذا الكتاب، فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادي، مرجعاً أساسياً. ولغة النص هى لغة هندسة المخروطات المستقرة. ودرس رشدي راشد شرح السجزي الرياضى والفلسفى على القضية الثانية من المقالة الرابعة عشرة من كتاب المخروطات، لأبولونيوس.

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثالث من هذا الكتاب إلى أن إبراهيم ابن سنان (٩٠٩/٢٩٦-٩٤٦/٣٣٥) كان قد صرح فى تمهيد مقالته "فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية"، إنه وجد أكثر من رسم طريقاً لطلبة العلم فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمور الضرورية فى رسم الطريق لطلبة العلم فى استخراج المسائل الهندسية، ولم يأت المهندسون بجميع الأمور الضرورية فى تحديد المنهج الهندسي، وبقيت عليهم بقايا، فكان يقصد لإيقافه عليها وإرشاده إليها فقط. فرسم إبراهيم ابن سنان فى مقالته "فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية" منهجاً للمتعلمين، يشتمل على قوانين استخراج المسائل الهندسية كافة. ومن هنا استعاد إبراهيم ابن سنان مشروع ثابت ابن قرة.

و سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى مبرهنة ثابت بن قرة وحساب الأعداد المتحابية وإلى أنه لم تجد الأعداد المتحابية النظرية التي تستحقها قبل بحوث ثابت ابن قرة العلمية. و"العدد التام" بالمعنى الإقليدسى هو موضوع نظرية ظهرت فى نهاية المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، إذ إن القضية السادسة والثلاثين من المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، حول الأعداد التامة ظهرت فى البدء فى مظهر نظري. وبقي التساؤل عن الأسباب التي دعت اليونانيين للعناية بهذه المسائل.

كانت البداية إذن ترجمة كتاب "الأصول" لأقليدس إلى اللغة العربية. نقل من اللغة اليونانية إلى اللغة العربية جماعة من العلماء منهم حجاج بن يوسف الكوفي، فإنه نقله نقلياً، أحدهما يعرف بالهاروني، وهو النقل الأول، والنقل الثانى، هو النقل المسمى بالنقل المأموني، وعليه يعول.

كان كتاب "الأصول" لأقليدس في القرن التاسع الميلادي في اللغة العربية نموذجاً يحتذى به الرياضيون في الكتابة وفي البحث الرياضي معاً. فكتب الكندي في منتصف القرن التاسع الميلادي كتابين حول إصلاح كتاب أقليدس وأغراض كتاب أقليدس. وعنى الجواهرى في بحثه عن كتاب "الأصول" لأقليدس بمسألة المصادرة الخامسة. ووضع الهاماني البراهين المباشرة مكان القياس بالخلف الوارد في كتاب "الأصول" لأقليدس، وفسر المقالة الخامسة فقط. وأصلح أبو الحسن ثابت ابن قرة الحراني (ت ٢٨٨) ترجمة حنين ابن اسحاق العبادي المتطبب (ت ٢٦٠) لكتاب "الأصول" لأقليدس، فضلاً عن "في التسبب الى استخراج مايرد من قضايا الأشكال بعد فهمه" لثابت ابن قرة. ونقل أبو عثمان الدمشقي منه مقالات، وذكر عبد اللطيف المتطبب أنه رأى المقالة العاشرة منه برومية وهي تزيد على ماكان في أيدي الناس آنذاك أربعين شكلاً، والذي كان بأيدي الناس مائة وتسعة أشكال، وأنه عزم على ترجمة ذلك إلى اللغة العربية. وأخذ كثير من أهل العلم في شرحه منهم اليزيدي، وأبو حفص الحرث الخراساني، وأبو الوفاء الجوزجاني، وأبو القاسم الانطاكي، وأحمد ابن محمد الكرابيسي، وأبو يوسف الرازي، فسر المقالة العاشرة لابن العميد وجوده، وأبو محمد بن عبد الباقي البغدادي الشهير بقاضى مارستان (ت ٤٨٩)، شرح شرحاً مثل فيه الأشكال بالعدد، وقال الحسن بن الحسن ابن الهيثم قوله "في قسمة المقدارين المختلفين المذكورين في الشكل الأول من المقالة العاشرة من كتاب أقليدس" و"في حل شكوك كتاب أقليدس "في الأصول" وشرح معانيها"، وتفسير المقالة العاشرة لأبى جعفر الخازن وللاهوازى أيضاً شرح ذوات الاسمين والمنفصلات من المقالة العاشرة أيضاً لأبى داود سليمان ابن عقبة. ومن شروح أقليدس كتاب "البلاغ" لصاحب التجريد، ومن تحريراته تحرير تقي الدين أبى الخير محمد بن محمد الفارسي تلميذ غياث الدين منصور، وسماه "بتهذيب الأصول"، ومختصر أقليدس لنجم الدين "لشمس الدين" ابن اللبодى (الدمشقي الحكيم محمد ابن عبدان (ت ٦٢١)).

و هكذا التفت الرياضيون-المهندسون، وعلماء الجبر، والفلاسفة، والمتقنون بوجه عام، وابن وهب بوجه خاص، إلى كتاب "الأصول" لأقليدس. وابن وهب هو الذى أثار مسألتى التقعيد والإبداع، كما وردتا في كتاب "الأصول" لأقليدس. وقف ابن وهب على ما عليه الأمر فيما كتبه أقليدس في تأليف أشكال كتابه في "الأصول" وأقاوله ونظمه إياها في كثير من الأمر غير مصنفة بحسب أجناسها، ولا مضموم كل واحد منها إلى ما يشاكلها. وقف إذن ابن وهب على "تصنيف" الأصول. وكانت ملاحظة ابن وهب أن أقليدس يتبع منهج المصادرات في بحثه، وهو منهج يصلح للمعرفة المكتسبة سلفاً، ولا يصلح للمعرفة المجهولة، التى تقضى بالبحث في منهج الاختراع أو الابتكار^(٥٩). وهما المسألتان اللتان أثارهما بعد ذلك بيار دو لا راميه، وأنطوان أرنو، وبيار نيقول، وغيرهم من علماء القرن السابع عشر الميلادي الغربيين. وسبق أن أشرنا إلى إصلاح ثابت ابن قرة ترجمة حنين ابن اسحاق لكتاب "الأصول" لأقليدس. من هنا استطاع ثابت ابن قرة أن يرد على

رأى ابن وهب في "كتاب أبي الحسن ثابت بن قرة إلى ابن وهب في التآني لاستخراج عمل المسائل الهندسية". استعاد بن قرة، أولاً، مسألة عرض المصادر في "الأصول"، ومسألة نظام الإختراع، ويستهل تصنيفاً للتصورات الهندسية؛ ثم يعرض بعض التمارين للاختراع. من هنا أراد السجزي "في تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية" أن يحصى القوانين التي بمعرفتها وتحصيلها يسهل على الباحث استخراج ما يريد استخراجاً من أعمال الهندسة، وذكر الطرق التي إذا احتذى الباحث حذوها يقوى ذهنه على وجوه استخراج الأشكال.

هناك من يزعم أنه لا سبيل إلى الوقوف على القوانين في الاستخراج بكثرة الاستنباط والتدريب فيه والتعلم له والدراسة لأصول الهندسة، من دون الموهبة، فيها يستنبط الأشكال *PROPOSITIONS* ^(٦٠). وليس الأمر كذلك لأن هناك من يكون موهوباً وله قوة جيدة على استخراج الأشكال، من دون علم، وهو غير مجتهد في تعلم هذه الأشياء، وهناك من يجتهد في العلم، من دون موهبة، فمتى ما كان الإنسان موهوباً ومجتهداً في العلم، فهو الناجح، ومتى ما لم يكن موهوباً، غير أنه يجتهد فإنه يمكن أن يبرز بالتعلم، فأما من كان موهوباً ولا يمارس أعمال الهندسة، فإنه لا يستفيد منها، فإن ظن من ظن أن استنباط الهندسة لا يكون إلا بالموهبة وحدها من دون العلم، ظن باطل.

فأول ما ينبغي للمبتدئ في الهندسة أن يعرف القوانين، التي هي مرتبة بعد العلوم المتعارفة *NOTIONS COMMUNES* ^(٦١)، وإن كان ذلك معدوداً في جملة الغرض، أي الأشكال التي يقصد استنباطها، فإن قصد السجزي في ذلك هي الطرق التي السبيل إليها من القوانين لا من العلوم المتعارفة وحدها، التي هي مقدمة على القوانين، فإن القول في العلوم المتعارفة بطول جداً وقد رفع عنه ذلك أقليدس في كتابه "في الأصول"، بما أتى به من القوانين التي ذكرها.

أما القوانين التي هي مقدمات على الأغراض أو الأشكال المطلوبة فإن تفصيلها صعب، فهي من الذي يقال أنها مقدمات ^(٦٢) *LEMME* ولوازم *CONSEQUENCES*، من جهة أن الهندسة مشتتة بعضها ببعض، لأن أولها مقدمات لأخرها، الأول فالأول كأنها سلسلة لما يليها، إلى غاية ما. وهاهنا أمر مشتت *AMBIGU*. إلا أن السجزي يلخص القول فيها على ما رسمه أقليدس "في الأصول". فإن السؤال هو : كيف بالإمكان تحصيل القوانين والأمر في استنباط الأشكال إلى ما لا نهاية *ILLIMITEE* ؟ أ تقتصر على المصادر *AXIOMES*؟ وقد أجاب السجزي أن أقليدس قد عني في عرضه عناية معتدلة. *EQUILIBREE*. فإنه لو أقتصر على المصادر لصعب على الباحث الاستنباط من المصادر بغير مقدمات من قوانين هندسية، كما رتبها أقليدس، بعد المصادر وما أفرط أقليدس في إحصائها. وواجب على الباحث في الهندسة أن يستوعب

القوانين الأقليدية، وأن يستوعب خواصها النوعية *PROPRIETES SPECIFIQUES*، حتى إذا احتاج إلى طلب خواصها، يكون مستعداً لوجودها، وإذا احتاج إلى شيء من الاستنباط فواجب عليه أن يبحث ويصور في فكره المقدمات والقوانين التي تكون من ذات الجنس أو مشارك بها.

مثلاً: أنا إذا أردنا أن نستخرج شكلاً من جنس المثلث^(١٣) فإننا نحتاج أن نتصور جميع الخواص التي في المثلثات والقوانين التي ذكرها أقليدس، وما يلزم خواص المثلثات من الزوايا والقسى *ARCS* والأضلاع والخطوط المتوازية، كي يسهل عليه ذلك ويستخرجها، وذلك أن من الأشكال ما يشارك خاصة أو خواص، بعضها لبعض، ومنها ما لا يشارك، ومنها ما تكون مشاركته أقرب، ومنها ما تكون أبعد عن قدر التشاكل والتناسب والتجانس. ويحدد السجزي القواعد العامة التالية :

(١) إذا طلبنا استخراج شيء من الأشكال بمقدمة - ونعني بالمقدمة الشكل الذي يكون مقدماً ومدخلاً - وعسر علينا استخراجها بتلك المقدمة، فواجب علينا حينئذ أن نطلبه بالمقدمات المشاركة لتلك المقدمة. إذا طلبنا من تلك المقدمة طلباً صواباً ويلزم من هذه القضية أن كل شكل من الأشكال مستخرج من مقدمة من المقدمات، فإن المقدمات التي شاركها على نحو ما ذكر سيمكن استخراجها منها، أو من بعضها، على قدر المناسبة ومن خواص الأشكال أن منها ما يسهل استخراجها بمقدمات كثيرة مختلفة وبوجوه كثيرة، ومنها ما يكون استخراجها بمقدمة واحدة، ومنها ما لا يوجد له مقدمة، وأن كان ذلك الشكل موهوماً أو مرسوماً صحته في الطبيعة، ولزوم ذلك من قرب المناسبة بخواص المقدمات وتباينها عنها.

(٢) قد يكون للأشكال مقدمات ولمقدماتها مقدمات، ويمكن استخراج تلك الأشكال من مقدمات المقدمات وهذه الخاصة من اشتراك الأشكال، الذي ذكره^(١٤) يمكن أن يصعب استنباط الأشكال - من جهة أنها محتاجة إلى استنباط مقدمات متوالية - من قانون أو قانونين على ما مثله السجزي "في تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية"، وربما تكون محتاجة إلى قوانين كثيرة ومقدمات كثيرة، ليست متوالية لكن مؤتلفة على ما ذكره السجزي، أيضاً، "في تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية".

و بعد الانتهاء من هذا العمل التمهيدي، يحدد المهندس ثلاثة طرق ممكنة لحل المسائل المطروحة^(١٥):

(١) **النقل:** وربما يبدو للباحث طريق، سهل عليه بذلك الطريق استخراج أشكال صعبة عدة، وهو النقل. وشرحه السجزي "في تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية"، ومثله؛

(٢) التحليل : أن يفرض الغرض المقصود كأنه معمول أن كان الطلب هو العمل، أو صحيح أن كان طلب خاصة، ثم يحله بمقدمات متوالية أو مؤتلفة، إلى أن ينتهي إلى مقدمات صحيحة، صادقة أو كاذبة، فإن انتهى إلى مقدمات صادقة لزم وجود المطلوب له، وأن انتهى إلى مقدمات كاذبة، لزم عدم المطلوب له. يسمى السجزي التحليل بالعكس. وطريق التحليل، لدى السجزي، أعم استعمالاً من سائر الطرق، ومثله السجزي "في تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية".

(٣) التركيب : عكس التحليل، ذلك أن التركيب هو سلوك الطريق نحو النتيجة بالمقدمات، والتحليل سلوك الطريق نحو المقدمات التي تنتج المطلوب.

ومن شأن الهندسة أن يصير المجهول معمولاً *CONSTRUITE* أو معلوماً بها، حينئذ لا تخلو من أن تكون إما أعمالاً وإما خواص وعلى الباحث أن يتأمل أولاً في السؤال والمطالب. وذلك أن من السؤال ما هو ممكن في ذاته في الطبيعة لكن ليس لنا أو محال لنا طلبه، من جهة عدم مقدماته، كتربيع الدائرة، ومنه ما تكون مطالبه سيالة، لا يحصى عدد أمثاله، ومعنى السيالة هي التي ليست بمحدودة حدوداً تامة تميزها عما سواها، ومنه ما يمكن استنباطه إلا أنه يمكن بمقدمات عدة، مثل أشكال أواخر كتاب "المخروطات"، فأنها ليست بسهلة بغير مقدمات ابلونيوس، ومثل إشكال أواخر رسالة "الدوائر المتماسمة" لأرشميدس.

و يحتاج أن يتخيل في لحظة واحدة أشكالاً عدة مبنية، عدا القوانين والمقدمات وعامتها تكون في طلب الخواص، وهذا الرجل الذي يطلب على هذا النحو يسمى أرشميدس بلغة اليونانيين، يعنى المهندس. وواجب على الباحث إذا قصد استنباط شكل من الأشكال، أن يجعل أول الفكر آخر العمل وبالعكس، أن يجعل آخر الفكر أول العمل، كما ذكر السجزي من قبل، بل كما ذكر أرسطو من قبل، في كتاب عن "ما بعد الطبيعة"^(٦٦)، حيث فرق في إنتاج الظاهرة أياً كانت، بين *noesis* أو الفكر، أى تحديد الشروط الضرورية، و *poesis* أو العمل، أى تحقيق الظاهرة أو عملها. لكن السجزي يعنى بعبارة "وواجب على الباحث إذا قصد استنباط شكل من الأشكال، أن يجعل أول الفكر آخر العمل وبالعكس، أن يجعل آخر الفكر أول العمل"، أن من واجب الباحث العلمي، حين مقاربتة للظاهرة موضع الدرس، أن يقاربها مقارنة مزدوجة، تحليلية وتركيبية، مما يختلف عن منهجية أرسطو في النظر إلى الفكر والعمل. فإذا افترض الباحث، لدى السجزي، الشيء المطلوب في أول الأمر، يلزمه نتيجة من المقدمات التي ينحل إليها.

ومن القدماء المهندسين من أستعمل حياً، مثل من كان مطالبه من النسبة، واستعمل فيها الأعداد والضرب، أو كان مطلبه مساحة الشكل، أو المساواة، واستعمل فيها تخطيطها على الحرير أو الكاغذ، وتوزينها، أو استعمل حياً سوى ذلك مما يشبهه فهذه هي سلوك طرق الاستنباط في الهندسة، ويفصل السجزي الطرق المنهجية الهندسية التي سبق أن أوردتها، على النحو التالي :

الطريق الأول : الحذف فى تنسيق الشرائط الضرورية؛

الطريق الثانى : تحصيل القوانين والمقدمات تحصيلاً مستقصى ؛

الطريق الثالث : سلوك طرائق القوانين والمقدمات مسلماً مستقصى صوباً كيلا يستند بالقوانين والمقدمات والأعمال وترتيبها التى ذكرها وحدها، لكن الجميع بها الحذف والحذف والحيل، وذلك أن مدار الهندسة يجرى على طبع الحيل، لا على الذهن وحده؛

الطريق الرابع : إعلام مشاركتها وتباينها وخواصها وذلك أن الخواص والتشاكل والتضاد فى هذا المذهب من دون إحصاء القوانين والمقدمات ؛

الطريق الخامس : استعمال النقل ؛

الطريق السادس : استعمال التحليل ؛

الطريق السابع : استعمال الحيل كما استعمل ايرن *HERON*.

و بعد أن أتى السجزى على هذه الأشياء أتى على كل واحد منها بأمثلة، لأن القول فى الهندسة يكون على وجهين :

القول المطلق على سبيل الإيهام والتخيل؛

الاستقصاء على سبيل الإظهار ووضع الأمثلة، كى تحس وتذكر دركاً تاماً. ولما كان القول فى الهندسة إنما هو على هذين الوجهين، وقد قال السجزى القول المطلق، ثم أتى بالوجه الآخر، أى بسبيل الإظهار والتبليغ فى الأعلام ووضع الأمثلة والاستقصاء.

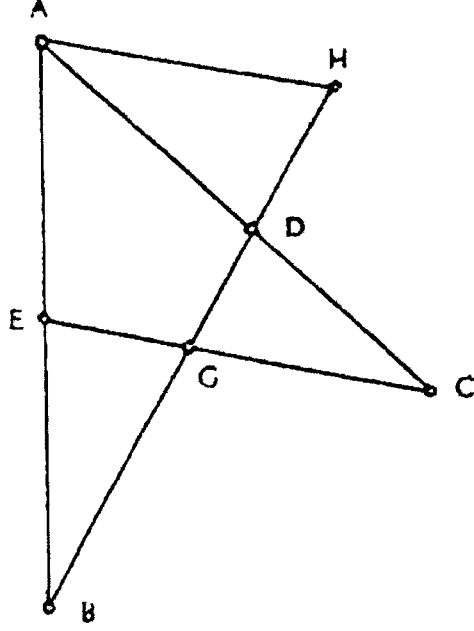
سابعاً : تحليل المسائل الهندسية لدى ابن سهل

تقع مخطوطة لابن سهل^(٦٧) فى تحليل المسائل الهندسية، فى ما يُعد من أعمال ابن سهل الرياضية المفقودة إلى اليوم. وتشير الشذرات التى بقيت منها بنوع شائع فى ذلك العصر وهو : مصنف مسائل هندسية. هذه المسائل، التى طرحها الرياضى نفسه، أو التى طرحها عليه راسل، يحلها الرياضى تباعاً فى المصنف. فابراهيم بن سنان، فى "المسائل المختارة"، وأبو الجود بن الليث، فى "الهندسيات"، وابن عراق، فى "رسائل

أبي نصر بن عراق إلى البيروني"، وغيرهم من الرياضيين في ذلك العصر، يشهدون على شيوع هذا النوع من التأليف في الفلسفة الرياضية، كما أسلفنا من قبل.

ألف ابن سهل مصنفًا في موضوع المسائل الهندسية، ولكن المؤرخ، اليوم، يجهل عدد المسائل التي عالجها فيه، إذ لم يصله إلا نصوص ثلاثة ضمن رسالة وجهها إليه معاصر له مجهول الهوية. فالتركيب المعروض لكل من مسائله الثلاث هو التركيب التحليلي نفسه الذي كتبه ابن سهل في صباه، أي في حوالى الستينيات من القرن العاشر الميلادي. وكان مسعى ابن سهل من أوائل اسهامات الرياضيات العربية، في إثبات مقدمة أرخميدس في سياق عمل المسبّع في الدائرة. وبرهن ابن سهل المقدمة بنحو أشمل من منهجيات معاصريه وأساليب أرخميدس القديمة. وبرهن مؤلف الرسالة عشر مقدمات قبل الشروع بتركيب المسائل التي حلّها ابن سهل. ومن بين هذه المقدمات هناك المقدمة الخامسة وهي المقدمة الأساسية في مسألة ابن سهل الأولى.

و تقول المقدمة الخامسة : لنأخذ مضلعًا رباعيًّا كاملاً ذا ستة رؤوس $A^+ B^+ C^+ D^+ E^+ G^+$ عندئذ ننظر في الشكل:



$$AB/BE = AD/DC. CG/GE \quad (١)$$

و ليكن AH موازيًا لـ CE ، يكون معنا :

$$AB/BE = AH/EG = AH/CG. \\ CG/EG = AD/DC. CG/GE$$

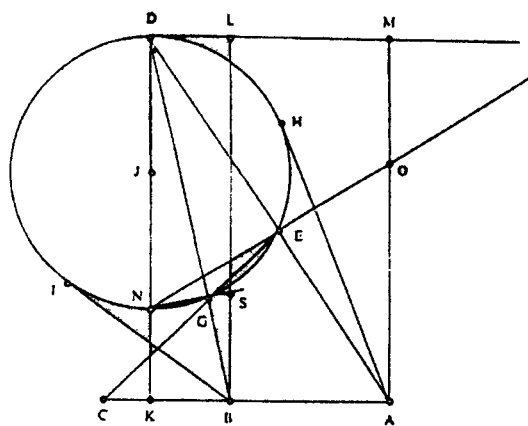
هذه النتيجة الأخيرة هي نتيجة مُبرهنة منلاوس مطبقة على المثلث AEC ، الذي تقطع أضلاعه بالخط المعترض BGD . وينص معكوس المقدمة الخامسة على أنه إذا صحت على النقاط الثلاث $D^+ B^+ G^+$ الواقعة على أضلاع المثلث AEC المعادلة التالية :

$$\frac{BA}{BE} \cdot \frac{GE}{GC} \cdot \frac{DC}{DA} = 1$$

نستقيم هذه النقاط : G و D و B .

و من بعد إدخال هذه المقدمات العشر، يعرض المؤلف لمسائل ابن سهل الثلاث.

المسألة الأولى



إذا أخذنا دائرة وثلاث نقاط على خط مستقيم، فكيف بالإمكان حصر مثلث DEG في الدائرة بحيث يمر DE و EG على التوالي بالنقاط : A و B و C ؟ يبدأ رشدى راشد بتلخيص التركيب المعطى عن تحليل ابن سهل، ويفترض أن J هي مركز الدائرة و H و I نقطتا التماس لمماسي هذه الدائرة الصادرين من النقطتين A و B ، كما في الشكلين التاليين :

يفترض رشدی راشد أن :

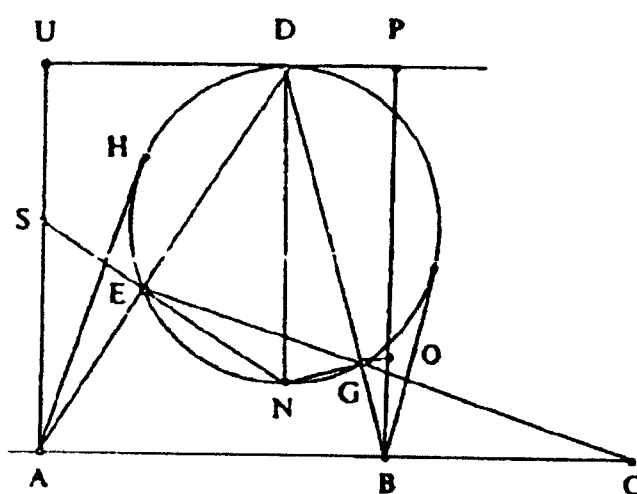
$$AH^2/AC.BC/BI^2=K$$

ثم يواجه حالات ثلاث إذا كانت

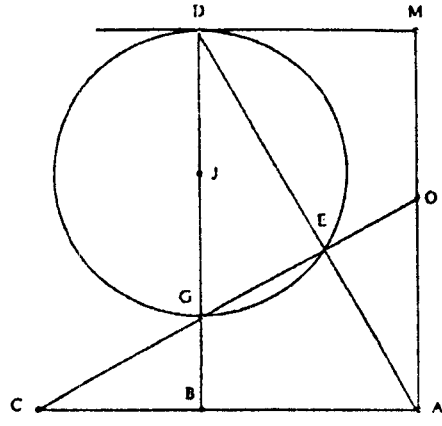
$K < 1$ أو $K > 1$

الحالة الأولى : $K = 1$ ، أى :

$$AH^2/BI^2 = AC/BC$$



يرسم RS ى راشد من النقطة J الخط JK المتعامد على المستقيم AB . فيلقى الدائرة فى D و N . كما أن DA يقطع الدائرة فى E والمستقيم DB يقطعها فى G . ويرسم الموازى لـ AB من النقطة D ؛ العمودى على AB فى A يقطع هذا الموازى فى M والمستقيم NE فى O . أما العمودى على AB فى



$$AH^2 = AE \cdot AD = AO \cdot AM$$

$$BF^2 = BG \cdot BD = BS \cdot BL \text{ و}$$

لذلك :

$$AC/BC = AM \cdot AO/BS \cdot BL = AO/SB \quad (AM=BL)$$

استطاع رشدی راشد كتابة ما يلي :

$$AC/BC = AO/DN \cdot DN/SB;$$

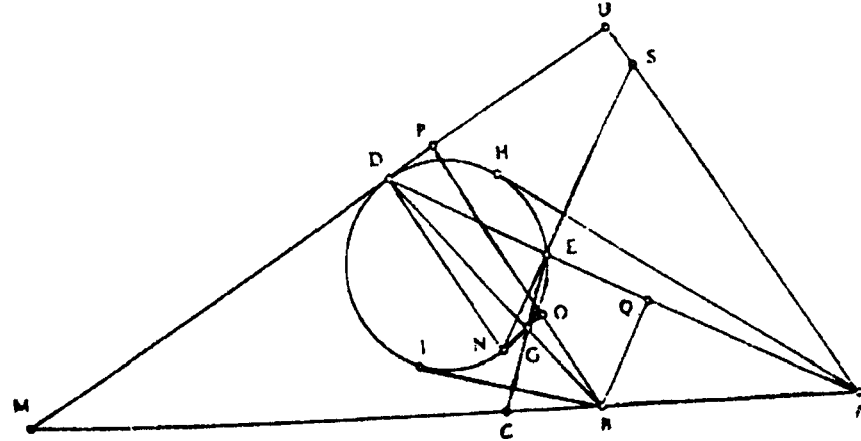
لكي يكون معنا :

$$AO/DN = AE/ED$$

$$DN/SB = DG/GB \text{ (مثلثات متشابهة)}$$

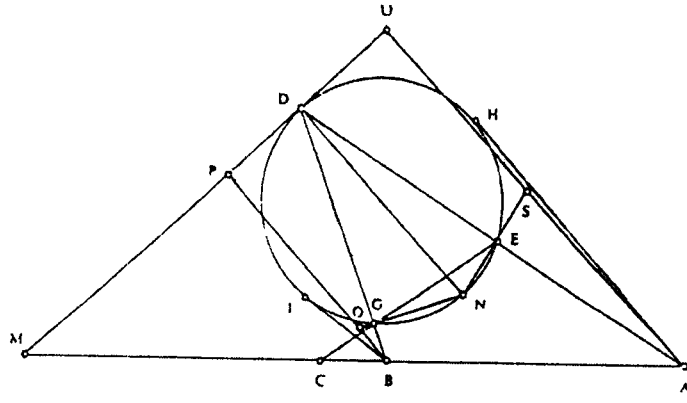
$$\text{ومنه : } AC/BC = AE/ED \cdot DG/GB$$

و بموجب معكوس المقدمة الخامسة المطبق على المثلث ABD ، تقع النقاط C ، G و E على خط مستقيم. وبذلك ينحصر المثلث DGE في الدائرة حيث DE يمر في A ، و DG في B ، و GE في C . يعتبر المؤلف المجهول الهوية، وليس بن سهل نفسه، بعد ذلك، في الحالة الخاصة التي يقع فيها DB عمودياً على AB ويقطع الدائرة في D و G ، كما في الشكل :



$$AB/BM=KL/KJ;$$

فيحصل على : $AM/MB=AB+BN/MB=JL/JK>1$



في هاتين الحالتين ينشئ من
النقطة M المماس MD على الدائرة،
وعندها يقطع DA و DB الدائرة في
 E و G . ويبرهن أن FG تمر عبر C .
ويرسم من A و B متوازيين على
القطر DN ، يقطعان المماس DM
على التوالي في U و P . ويتقاطع
المستقيمان NE و AU في S ، كما
يتقاطع NG و BP في O . معنا
بالافتراض :

$$AH^2/BI^2=AM/BM. AC/BC$$

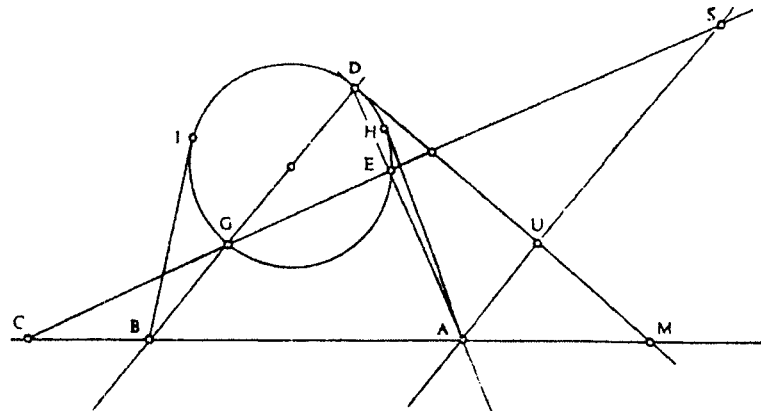
$$BI^2=BG.BD=BO. BP \text{ (مثلثات متشابهة)}$$

$$AH^2/AC. BC/BI^2=AM/MB$$

$$\text{لكن، } AH^2=AD.AE=AU.AS \text{ و}$$

$$\text{لذلك : } AU/BP. AS/BO = AM/MB. AC/BC$$

وفي هذا الحال : $AU/BP=AM/MB$ ، إذن : $AS/BO=AC/BC$



ولكن يبرهن أن
 $AS/BO=AS/DN. DN/OB=$
 $AE/ED DG/GB$ وبذلك يكون
 $AC/BC=AE/ED$. معنا
 GD/GB ، يحصل على النتيجة
بموجب معكوس المقدمة
الخامسة المطبق على المثلث
 ABD . ثم ينظر المؤلف

المجهول الهوية، الحالة الخاصة حيث DB تمر عبر المركز، كما في الشكلين التاليين:

A geometric diagram showing a circle inscribed within a large triangle. The circle is tangent to the sides of the triangle at points D, H, and E. A point U is located at the top vertex of the triangle. A point M is located at the bottom-left vertex. A point C is located at the bottom-right vertex. A point B is located on the base line. A point P is located on the left side. A point S is located on the right side. A point I is located on the circle. A point O is located at the center of the circle. A point G is located on the circle. A point N is located on the circle. A point E is located on the circle. A point D is located on the circle. A point H is located on the circle. A point U is located at the top vertex. A point M is located at the bottom-left vertex. A point C is located at the bottom-right vertex. A point B is located on the base line. A point P is located on the left side. A point S is located on the right side. A point I is located on the circle. A point O is located at the center of the circle. A point G is located on the circle. A point N is located on the circle. A point E is located on the circle. A point D is located on the circle. A point H is located on the circle.

$$AS \cdot AE = AU \cdot AH^2 = AD$$

$$, BD \cdot BF^2 = BG,$$

و كذلك : $AH^2/BI^2=AM/MB.$
 AC/BC

حيث إن : $AM/MB. AC/BC = AU. AS/BG. BD$

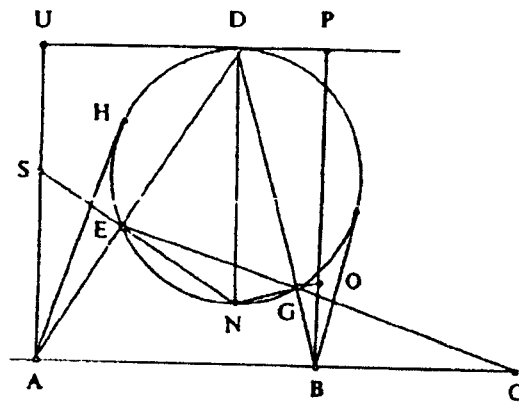
ولكن : $AU/BD = MA/MB$ ،

$AC/BC=AS/BG=AS/DG$. $DG/BG=AE/ED$. DG/BG : لذلك

و يستخلص رشدى راشد النتيجة كما فى المثال السابق، بواسطة معكوس المقدمة الخامسة المطبق على المثالث DAB ، ومن هذا التركيب، استرجع تحليل ابن سهل، وافترض أن المسألة محلولة، وصاغ تطبيق مبرهنة منلاؤس على المثالث DAB وعلى الخط المعترض CEG :

$$ED/EA=1 \quad .CA/CB. \quad GB/GD \quad (1)$$

إن المماس للدائرة في النقطة D ،
ولیکن Dx ، یقطع AB فی M أو
یکون موازیا له. لیکن DN القطر
المنبثق من D ، و AU و BP عمودین
على Dx ؛ یتقاطع المستقیمان AU
و NE فی S وكذلك BP و NG فی
 O . لیکن AH و BI مماسین على
الدائرة. معنا :



$AS \cdot AD = AU \cdot AH^2 = AE$ و $BP \cdot BD = BO \cdot BJ^2 = BG$ ، كما في الشكلين :

لذلك : $AS/BO \cdot AH^2/BI^2 = AU/BP$

لكن : $AU/BP = MA/MB$ إذا تقاطع المستقيمان Dx و AB في M .

إذا كان AB و Dx متوازيين، ويفترض $AU/BP = K$ ، فيكون لدينا:

$AS/BO = AS/DN$. $DN/BO = AE/ED$. GD/GB

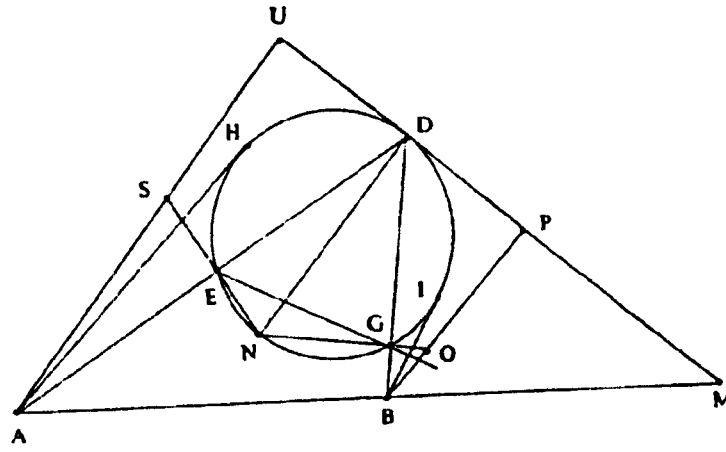
لذلك : $AH^2/BI^2 = K \cdot AE/ED \cdot GD/GB$

و وفقاً لـ (١)، نحصل على :

لذلك : $AH^2/CA \cdot CB/BI = K$

أو : $CA/CB \cdot AH^2/BI^2 = K$

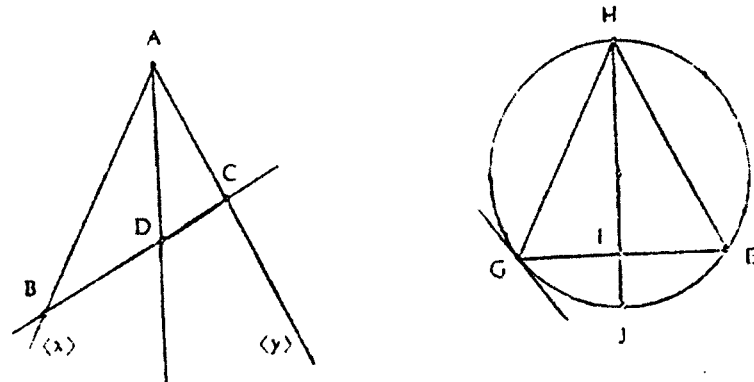
حيث $K = I$ ، أو $K = I$ ، كما في الشكلين:



هكذا يفترض رشدی راشد أن
ينسب تحليل ابن سهل، الذي أعاد
تأليفه المؤلف المجهول الهوية،
وذلك بهدف صياغة التركيب، وبدا حذف ابن سهل التركيب، لرشدی راشد، حذفاً مشروعاً.

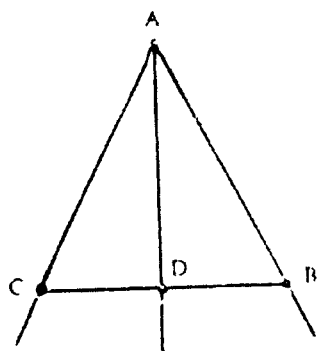
المسألة الثانية

لدينا زاوية xAy ونقطة D على منصفها. المطلوب إنشاء مستقيم يمر في D ، ويقطع ضلعي الزاوية في B و C بحيث كون المقطع BC مساوياً لمقطع معين EG ، كما في الشكل:



ثم ينظر رشدي راشد في تحليل ابن سهل، كما صاغه المؤلف المجهول. ويرسم على المقطع EG قوساً EGH كقوساً للزاوية xAy ، ويتناول الدائرة الكاملة، ويفترض: HJ قطرها العمودي على EG في وسطه I . إن طول المقطعين AD و HI معروفان. وهناك ثلاث حالات ممكنة:

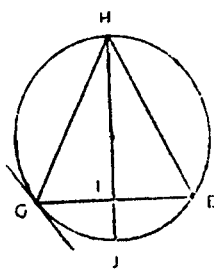
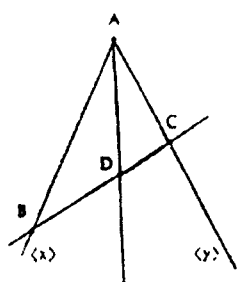
الحالة الأولى: $AD = HI$



يكون المستقيم المطلوب إنشاؤه هو العمودي في D على AD ، والمثلثان BAC و GHE متساويان، إذن يكون $BC = GH$ ، كما في الشكل:

الحالة الثانية: $AD > HI$

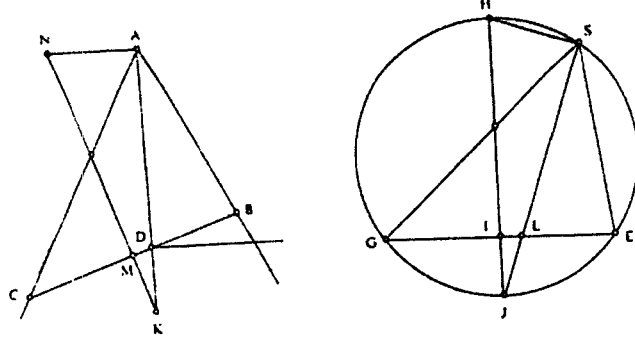
يبين برهان الخلف أن المسألة غير ممكنة الحل، كما في الشكل:



فلو كان $BC = EG$ و $AB = AC$ ، لكان المثلثان BAC و EHG متساويين، لأن الزاويتين BAC و EHC متساويتان؛ فيكون $AD = HI$.

وهذا محال. ثم يفترض S نقطة من القوس EH ، وتكون الزاويتان GSE و xAy متساويتين، وكذلك الزاويتان GSE و GSJ ؛ معنا $JS < JH$ لكن $JL > JI$ ، إذن $LS < IH$. ولو كان $AB > AC$ و $BC = EG$ ، لوجدت نقطة S بحيث يكون المثلثان BCA و GES متساويين. إذن $AD = LS$ ، وبالتالي $AD < IH$. وهذا أمر محال.

الحالة الثالثة: $AD < HI$



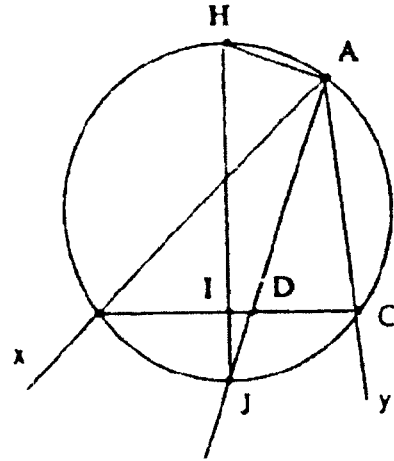
المسألة ممكنة، كما يبين من الشكل:
لبرهان هذه الحالة يستند المؤلف المجهول الهوية إلى المقدمة التالية:
ليكن a مقطعاً معطياً، و H مساحة معطية، والمطلوب هو إيجاد مقطع x بحيث يكون $x(a + x) = H$. يسعى المؤلف المجهول الهوية للتوصل إلى

مثل هذا الإنشاء، عن طريق التقاء قطع زائد قائم مع خط مستقيم. فأياً كان الوتر JLS (حيث S نقطة على القوس HE) يكون: $JL \cdot JS = JI \cdot JH$ وهو معروف. من ناحية أخرى، بحسب المقدمة السابقة، كما ورد في المقدمة ٦، يعرف المؤرخ طريقة نقطة K على امتداد AD بحيث يكون: $AK \cdot KD = HJ \cdot JI$ أي: $KD = (HI + IJ) \cdot IJ$.

وباستعمال البرهان بالخلف يبين أن: $JI < AK$ و $KD > JI$.

لدينا أيضاً: $AK = JI \cdot KD = JI \cdot JE^2$ ، إذاً $AK > JE$.

هناك إذن نقطة S على القوس HE بحيث يكون $JS = AK$ ، ويتقاطع JS و GE في L ؛ لدينا $JL = KD$



و $LS = AD$. ننشئ على AK مثلثاً AKN قائم الزاوية في A ، بحيث تكون الزاوية AKN مساوية للزاوية HJS ؛ هذا المثلث يساوى المثلث HSJ ؛ فيكون $KN = JH$.
ليكن المستقيم DM عمودياً على KN ؛ المثلثان KDM و JIL متساويان، وعليه:
 $DM = IL$. المستقيم DM

يقطع Ax في B و Ay في C ، والمثلث ADC مساوٍ للمثلث SLE ؛ يستخلص رشدي راشد من هذا أن المثلث ABC مساوٍ للمثلث SGE .

$$BC = GE : \therefore$$

كان في مقدور رشدي راشد، في هذا السياق، استكشاف تحليل ابن سهل لهذه المسألة الثانية. افترض المعطيات التالية: الزاوية xAy ، والنقطة D على منتصفها والطول EG ؛ وافترض كذلك المسألة محلولة. وافترض، كذلك، المستقيم BDC المطلوب، فيكون $BC = EG$ ، كما في الشكل:

ويرسم رشدي راشد الدائرة المحيطة بالمثلث ABC . تقطع هذه الدائرة المنصف AD في النقطة J ، وسط القوس BC . القطر JH عمودي على BC في وسطه I . المثلثان JID و JAH قائمان والزاوية J مشتركة بينهما. فهما إذن متشابهان. وبذلك يكون معنا: $JH = JD$ ، $JI = JA$ لكن $JD > JI$ ، وبالتالي: $JA < JH$ غير أن: $JH = JI + IH$ و $JA = JD + DA$ ؛

يكون لدينا إذن: $IHD < AD$

كان على رشدي راشد، إذن، عند التركيب، أن يعالج حالتى إمكان المسألة، وحالة $IHD < AD$ - تستحيل فيها المسألة. وهذا ما حله شارح ابن سهل.

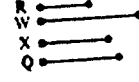
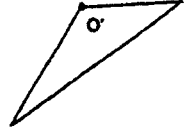
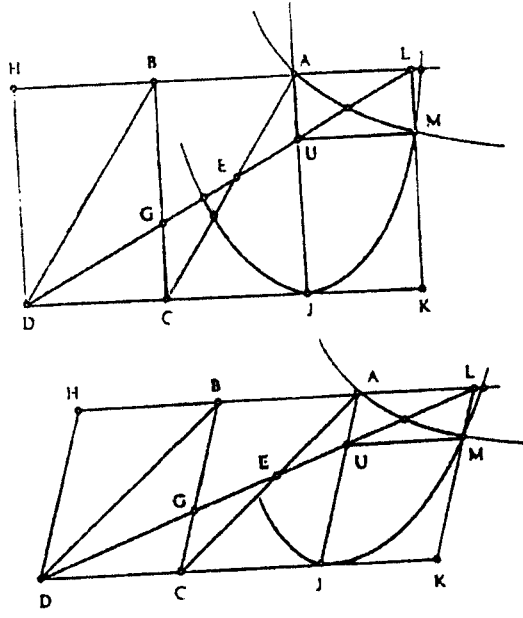
المسألة الثالثة

إن المسألة الثالثة هي، على الصعيدين التاريخي والرياضي، أهم المسائل التي حلّها ابن سهل ورواها مؤلف الرسالة. إنها مسألة أرخميدس المشهورة: عمل المسبع المتساوي الأضلاع في الدائرة. وحلّها ابن سهل تحليلًا أشمل. فلقد تلقف رياضيو ذلك العصر هذه المسألة المشهورة. وخطأ مؤلف الرسالة ابن سهل في بحثه في هذه المسألة. في هذه المسألة أيضًا يبدأ رشدي راشد بتركيب المؤلف المجهول من تحليل ابن سهل ليسترجع بعد ذلك هذا التحليل، لكنه يورد أولاً نص المسألة: ليكن متوازي الأضلاع $ABDC$ وخط زاويته BC ؛ أرسم مستقيماً ماراً بالنقطة D وقاطعاً BC في G ، و AC في E ، وامتداد AB في L . بحيث يكون: $aire\ CGE/aire\ EAL = K$ نسبة معطية.

يعرف الزاويتين $Z = GCE$ و $O' = EAL$ ؛ يبرهن بواسطة المقدمة ٩ من الملحق، أن النسبتين:

$$aire\ EAL / AE.AL \text{ و } aire\ CGE / CG.CE$$

معلومتان، وبالتالي، فإن النسبة: $(١) CG.CE / AE.AL$



معلومة أيضاً. ويرمز المؤلف المجهول الهوية إلى هذه النسبة بـ R/X ، والمسألة هي إذن إيجاد المستقيم $DGEL$ ، كي تكون النسبة (١) مساوية لـ R/X ، حيث R و X مقطعان معطيان.

الحالة الأولى : $ABC/2$

ويمثل الحالة الأولى الشكل :
لتكن H و J بالتوالي على AB و DC ، بحيث يكون $AJ \parallel BC \parallel DH$.

لدينا إذن :

$CJ=AB=CD=BH$. ولنأخذ القطع المكافئ P المار في J ، ذا الضلع القائم Q ، حيث إن :

$$[Q/CD=X/W \cdot W=2R]$$

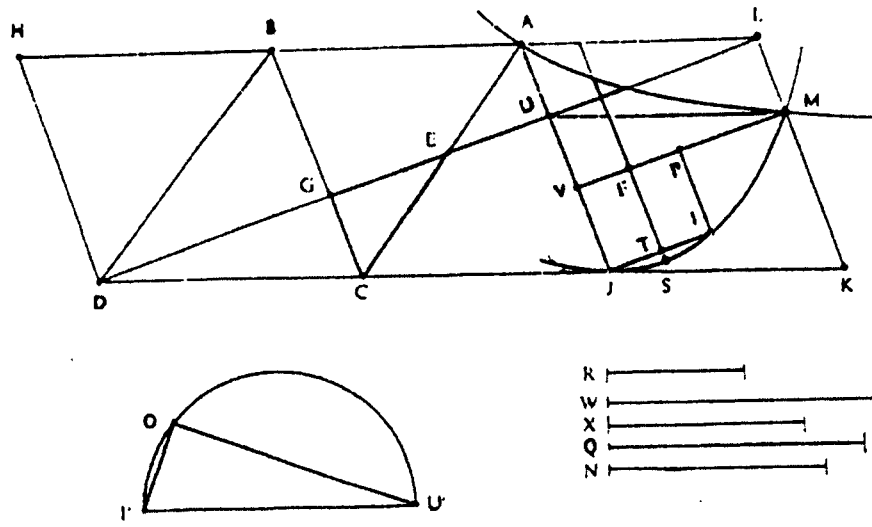
هو المماس لـ DC في Z وذا القطر المترافق AJ ، وفي حال $ABC \neq$ تكون J رأسه و AJ محوره الرئيس، ويعتبر رشدي راشد كذلك القطع الزائد H المار في A وذا خطي التقارب DJ و DH ، ويتقاطع هذان القطعان، بالضرورة، في نقطتين، إحداهما M الواقعة على الشريط المحدد بالمستقيمين AB و CD . ثم يرسم ومعلومتان، وبالتالي، فإن النسبة : (١) $CG.CE/AE.AL$ من M الموازي للمستقيم BC الذي يقطع AB في L و CD في K . ويكون DL هو المستقيم المطلوب. إذن لتكن E, U و G نقاط التقائه مع BC, CA, JA ؛ يكون معنا إذن:

$$JD \cdot MK \cdot KD = AJ \cdot JD = KL \quad \text{لأن } MeH$$

$$\text{لذلك : } MK/KL = DJ/DK$$

و من جهة أخرى، $KL \parallel JU$ ، معنا : $DJ/DK = JU/KL$

نستنتج منها : $MK = JU$ وبالتالي : $MU \parallel AL$ و $MU = AL$.



عدا أن MeP لذا : $MU^2 = Q.JU$

معنا إذن $Q/CD = Q.JU/CD.JU = MU^2/CD.JU = AL^2/CD.JU = X/W$

لكن $JU/CG = JD/CD = 2 = W/R$ وبذلك $JU = CG$. وبالتالي :

$$CD \cdot CG/AL^2 = R/X \quad (١)$$

غير أن : $CD/AL = CE/EA$ ومن هنا فكتابة المعادلة (١) يعيدها على الوجه التالي :

$$CE \cdot CG/EA \cdot AL = R/X.$$

والمستقيم DL يجيب عن المسألة.

الحالة الثانية :

وذلك كما هو وارد في الشكل التالي

ويفترض رشدى راشد Q كما حددها في الحالة السابقة، ويتناول نصف دائرة قطرها $I'U'$ ، والوتر $I'O$ ،

بحيث $\angle U'I'O = \angle ABC$ ويحدد المقطعان N و II العمودى على JA على التوالي ب :

$$JI/N=I'O/U'O$$

$$Q/N=U'I^2/U'O^2$$

و يفترض T وسط JI و S محددة بالشرطين: $TS//AJ$, $N/JT=JT/TS$, ويمر القطع المكافئ P_1 ذو الرأس S ، والمحور TS ، والضلع القائم N ، على النقطتين I و J ، لأن $TI^2 = JT^2 = N$ ؛ وبالقطع الزائد H ، المار في A ذو خطي التقارب DJ و DH ، يقطع بالضرورة PI في نقطتين أحدهما في الزاوية AJK ؛ فلتكن M هذه النقطة، والخط الموازي لـ BC والمار على M يقطع AB في L و CD في K ، فالمستقيم DL الذي يقطع BC في G ، و AC في E ، و AJ في U هو المستقيم المطلوب. وبرهن رشدى راشد، كما في الحالة السابقة، أن $ML=AU$ و $MU//AL$ ، ويسقط من M العمود MF على ST ، ويتقاطع MF و AJ في V ، ثم يتناول النقطة P بحيث تكون F في وسط المقطع VP ، ومعه: N . $SF = MF^2$ ، لأن MP_1

من جهة أخرى:

$$MF^2=MP^2+PF^2+2MP.PF \text{ لذلك } MF=MP+PF$$

$$\text{لكن: } PF^2 = UI^2 = N. TS$$

إذن:

$$N. TF = N. JV = 2MP. PF + MP^2 = MP. MV. (١)$$

و ذكر رشدى راشد أن $JI/N=I'O/U'O$ ، لكن $JI = PV$ و $I'O/U'O=UV/MV$ في المثلثين المتشابهين $U'TO$ و MUV ، ولديه، إذن، $PV/N = UV/MV$ ، ولذلك

$$N. UV = PV. MV (٢)$$

من (١) و (٢):

$$N. JU = MV^2. (٣)$$

من جهة أخرى $Q/N=U'I^2/U'O^2$ و $U'T/U'O=UM/MV$ (تشابه المثلثات).

لذلك:

$$Q.JU/N.JU=UM^2/MV^2 (٤)$$

و AL و CD متوازيان، يصبح لدينا $CE/EA = CD/AL$ ، وتصير المعادلة إلى الصياغة التالية :

$$(٥) . CD / AL^2 = R / X . CG$$

لنرسم $AJ//BC$ و $LK//BC$ حيث J و K تقعان على CD ؛ يتقاطع AJ و DL في U ويكون معنا :

$$JU / CG = JD / CD$$

لكن : $CJ = AB = CD$ ، إذن : $JD = 2CD$ و $JU = 2CG$.

إن الخط الموازي لـ AB والمخرج من U يقطع المستقيم LK على M ، ونحصل على $AL = MU$ و $UJ = MK$. فيكتب رشدي راشد إذن :

$$CD / 2 MU^2 . CD / AL^2 = JU . R / X = CG$$

$$لذلك : JU . MU^2 = X / 2R .$$

$$وإذا وضعنا : 2R=W : X/W . CD=Q$$

$$يكون معنا : JU . MU^2 = Q .$$

إذن تقع M على القطع المكافئ ذي القطر JA ، والضلع القائم Q والذي يكون له JK مماساً في النقطة J . ومن جهة أخرى، لأن AL و DJ متوازيان، يكون :

$$AL / DJ = AU / UJ = LM / MK$$

$$ونستنتج من ذلك : AL + DJ / DJ = LM + MK / MK$$

$$لكن : LM + MK = LK = AJ و AL + DJ = KJ + JD = KD ؛$$

$$معنا إذن : DJ . KD = AJ . MK .$$

وعليه فإن النقطة M تنتمي إلى القطع الزائد ذي الخطين المتقاربين DK و DH ، والذي يمر بالنقطة A ، حيث يكون DH موازياً لـ CB . وهكذا لا يتطلب الاستدلال أى افتراض على الزاوية ABC ؛ ومن غير الضروري ما يظهر في التركيب من قسمة إلى حالتين، فلا تبدو، لرشدي راشد، أنها تنتسب إلى تحليل ابن سهل.

لكن هذا الفرق بين تحليل ابن سهل وتركيب المؤلف المجهول لا يقضى على مشكلات المخطوطة كلها. والمؤلف المجهول يورد فقرة لابن سهل مهمة أهمية بالغة في تأريخ مسألة المسبّع في الدائرة في القرن العاشر الميلادي. وبدا فيها كلام ابن سهل، للشني، أحد رياضيين ذلك القرن، كما نقله المؤلف المجهول، كلاماً

$GC/BC=NC/DC$. لذلك $GC=BC.NC/DC=NC \sin O'/\sin Z$ (المثلث BDC).

نكتب المعادلة إذن :

$$\frac{NC}{\lambda^2 DC} = K$$

نحسب بعدها NC بواسطة معادلتى المستقيمين BC و DL فى محورى الأحداثيات DC و DB . نكتب هاتان المعادلتان على التوالى :

$$\frac{y}{ac} = \frac{x}{dc} \cdot \frac{1}{\lambda} \text{ و } \frac{x}{dc} + \frac{y}{ac} = 1$$

فاصلة G هى DN تكون إذا : $X = DC \cdot \frac{1+\lambda}{2+\lambda}$

وكذلك : $NC = DC - DN = \frac{DC}{2+\lambda}$

وأخيرًا معادلة مسألة ابن سهل هى :

$$(1) \lambda^2 (\lambda + 2) = \frac{1}{k}$$

بينما معادلة مسألة أرشميدس (المعممة) هى :

$$(2) \lambda^2 (\lambda + 2) = \frac{1}{m} (\lambda + 1)$$

حيث : $\frac{tr.DGC}{tr.EAL} = m$ ، لأننا قد رأينا بأن $\frac{k}{m} = \frac{1}{\lambda + 1}$

يعطى استئصال λ بين المعادلتين (١) و (٢) ، العلاقة بين k و m .

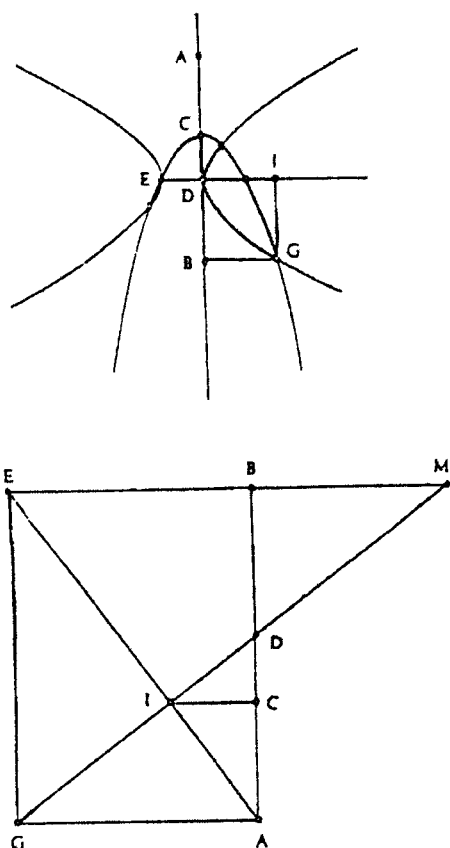
لدينا : $m + k = k(\lambda + 2), m - k = k\lambda$

لذلك :

$$(3) (m - k)^2 (m + k) = k^3 \lambda^2 (\lambda + 2) = k^2$$

$$(m-k)^2(m+k) = k^3 \lambda^2 (\lambda + 2) = k^2 \quad (3)$$

ثم تساءل رشدی راشد عن الدافع الذي حث ابن سهل على دراسة المثلثين CGE و AEL . من المعقول جداً أن يكون ابن سهل تصور عطفه هندسية، معادلة للعطفه الجبرية التالية : فتش عن حل للمعادلة (٣) لقيمة



(١) $m=1$ ، وعندها جد k : ضع k بقيمتها في (١) واحصل على λ ، وبذلك تحصل على حل للمعادلة (٢). فمن الممكن أن يكون ابن سهل قد فكر بهذه الطريقة معتقداً أن حل (١) سيكون أسهل من حل (٢) - لأنه في حال $k=1$. فإن حل (١) يعطيه الرقم الذهبي - $[\lambda = (\sqrt{5}-1)/2]$ - فاستخدم عندها (١) كمقدمة. كما استطاع لاحقاً اكتشاف، أنه في حال $k \neq 1$ نحصل دائماً على معادلة مكعبة صعوبة حلها تعادل صعوبة معادلة أرشميدس ، وهو ما عني أن المرور بالمثلث GEC لا يصدر عن مقدمة تؤسس لحل مسألة أرشميدس. لم يخطئ إذن ابن سهل، في تحليل رشدي راشد، بل مضى في طريق مسدود لاعتقاده بأن حلّ معادلة مكعبة على مرحلتين أسهل. وحلّ معادلة مكعبة على مرحلتين غير ممكن. بعدها ، يعود مؤلف الرسالة إلى حل القوي لمسألة أرشميدس. وعلى غرار ابن الهيثم من بعده ، برهن القوي مقدمة أرشميدس في حال

$$BD/AD = AC/BD \text{ ، لكن } AG/BD/AD = BM \text{ و } AC/BD = GI/DM$$

$$لذلك BM/AG = GI/DM \text{ ، وبالتالي } MB \cdot MD = GI \cdot GA$$

مساحتا المثلثين BMD و IGA متساويتان. لأن الزاويتين M و G متساويتان. هذه هي طريقة القوهى التى أخذ بها المؤلف المجهول، بحسب عرض رشدى راشد. وأراد المؤلف المجهول أن يتجاوز ذلك إلى حل الحالة التى درسها ابن سهل لبيان إمكان التعميم. هكذا إذا أردنا أن تكون :

$$GIA = K/L \text{ مساحة BDM مساحة}$$

فإن رشدى راشد انطلق من المقطع CD ، وينشئ كالسابق القطع المكافئ P . ثم ينشئ القطع الزائد H_1 ، ذا الرأس E ، والمحور DE ، والذى ضلعه القائم H محددًا بالعلاقة :

$$H/DE = K/L$$

تقاطع P و H_1 فى النقطة G التى تسقط فى B على امتداد CD . فيكون:

وإذا مددنا DC أبعد من C بطول $GB = AC$ ، فيكون لدينا :

$$GE \cdot P, GB^2 = CB \cdot DE = CB \cdot CD$$

$$GE \cdot H, GI^2 = EL \cdot ID \cdot H / ED = EI \cdot ID \cdot K / L$$

$$(١) AC^2 = CB \cdot CD$$

$$(٣) AD \cdot AC, K/L = BD^2$$

من المساواة (١) يستنتج رشدى راشد كالسابق أن CI موازٍ لـ AB . ومن المساواة (٣)، يستخلص رشدى راشد أن :

$$AD \cdot AC = BM/AG \cdot DM/IG = K/L \cdot BD^2$$

- ١) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ.ج.بريل، ٢٠٠٠ . وقد صدر فى فى اللغة الفرنسية، وقد اعتمد كاتب هذه السطور على الأصل الفرنسي. وفيما يتعلق بسيرة إبراهيم ابن سنان، لا بد من الرجوع إلى بحث رشدی راشد عنه فى : "إبراهيم ابن سنان"، قاموس السير العلمية، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢-٣، ونص بحث رشدی راشد صدر فى اللغة الفرنسية فى نيويورك فى الولايات المتحدة الأمريكية.
- ٢) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٩٥-٢٢٨ .
- ٣) د. رشدی راشد، ، "الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر"، "المجلد الرابع، ابن الهيثم، التحويلات والمناهج الهندسية وفلسفة الرياضيات"، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، ٢٠٠٢، ص ٧٤٢-٧٦٦ .
- ٤) د. رشدی راشد، ، "الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر"، "المجلد الرابع، ابن الهيثم، التحويلات والمناهج الهندسية وفلسفة الرياضيات"، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، ٢٠٠٢، ص ٧٦٦-٨٢٦ .
- ٥) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٣٣٧-٤٢٩ .
- ٦) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٩٥-٢٢٨ .
- ٧) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٥٨١-٧٦١ .
- ٨) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٢٦٣-٢٩١ .
- ٩) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٩٨-٩٩ .
- ١٠) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .
- ١١) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .
- ١٢) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .
- ١٣) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .
- ١٤) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .
- ١٥) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٢٣ .
- ١٦) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٣ .

- ١٧) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١١١ .
- ١٨) الخوارزمي، الجبر والمقابلة، مرجع سبق ذكره، ص ٢٠ .
- ١٩) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٥ .
- ٢٠) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٥ .
- ٢١) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٢٧ .
- ٢٢) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٢٧ .
- ٢٣) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٧ .
- ٢٤) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٩ .
- ٢٥) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٩ .
- ٢٦) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٩ .
- ٢٧) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١١١ .
- ٢٨) د. رشدی راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٣١ .
- ٢٩) د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الأول، المؤسسون والشارحون، بنوموسى، بن قرّة، ابن سنان، الخازن، القوهي، ابن السامخ، ابن هود، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٦؛ د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الثاني، الحسن بن الهيثم، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٣؛ د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الثالث، الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٠؛ د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ .
- ٣٠) الهندسة وعلم الضوء فى القرن العاشر، ابن سهل والقوهي وابن الهيثم، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٩٣، ٧٠٥ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية الى اللغة العربية بمعرفة د. شكر الله الشالوحي، ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب، ٣، بيروت-لبنان ، أغسطس ١٩٩٦ ، مرجع سبق ذكره.
- ٣١) د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الثاني، الحسن بن الهيثم ، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٣، ص ١-٢٩ .
- ٣٢) مصطفى نظيف، "محاضرات ابن الهيثم التذكارية"، المحاضرة الأولى، محاضرة عامة عن الحسن بن الهيثم، والناحية العلمية منه، وأثره المطبوع فى علم الضوء، القاهرة، جامعة فؤاد الأول، كلية الهندسة، يوم الأربعاء ١٢ ابريل ١٩٣٩، مطبعة فتح الله إلياس نوري وأولاده بمصر، ص ١٩-٤٠ .

(٣٣) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٢٣١ . وقد وردت مقالة الحسن بن الحسن بن الهيثم نفسها فى التحليل والتركيب فى : د. رشدى راشد، "التحليل والتركيب عند ابن الهيثم، الرياضيات والفلسفة من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، "دراسات مهداة لجول فيلمان"، نشرها رشدى راشد، باريس دار نشر المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى بباريس، ١٩٩١، ص ١٣١-١٦٢ . وهوفى اللغة الفرنسية ثم صدرت الترجمة الإنجليزية : س.س. جولد و.ر.س. كوهين (ناشران)، "التمثيلات والممارسة الاجتماعية"، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٤، ص ١٢١-١٤٠؛ "الفلسفة الرياضية لابن الهيثم"، المجلد الأول، التحليل والتركيب، مجلة منوعات المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية بالقاهرة، العدد ٢٠، ١٩٩١، ص ٣١-٢٣١ . فى اللغة الفرنسية؛ الفلسفة الرياضية عند ابن الهيثم، المجلد الثانى، مجلة منوعات المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية، القاهرة، العدد ٢١، ١٩٩٣، ص ٨٧-٢٧٥ . فى اللغة الفرنسية؛ ابن الهيثم، رياضيا من العصر الفاطمي، مصر الفاطمية، فنها وتاريخها، أعمال مؤتمر باريس، الأيام ٢٨ و ٢٩ و ٣٠ مايو ١٩٩٨، إشراف ماريان باروكون، باريس، مطبوعات جامعة باريس-السوربون، ١٩٩٩، ص ٥٢٧-٥٣٦ . فى اللغة الفرنسية.

(٣٤) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٢٣١ .

(٣٥) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٤٣-٥٨٥ .

(٣٦) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٨٣-١٠١ .

(٣٧) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٩١ ومابعدها.

(٣٨) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٥٣٩ ومابعدها.

(٣٩) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٨٩-٤٤٧ .

(٤٠) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٦٦٥-٦٨٧ .

(٤١) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٢٣٥ وما بعدها.

(٤٢) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٤٦ وما بعدها.

(٤٣) وردت الترجمة فى ظهر الورقة العاشرة من الجزء السادس من كتاب " المنهل الصافى ، والمستوفى بعد الوافى " للعلامة جمال الدين يوسف الأتابكى الظاهرى المخطوط بمكتبة الأزهر ، قسم التاريخ تحت رقم ٦١٧ خصوصى ، ٦٨٦٥١ عمومى، نقلا عن كتاب : ابن سينا، "الإشارات والتنبيهات"، مع شرح نصير الدين الطوسي، وبتحقيق د. سليمان دنيا، القسم الأول، دار المعارف بمصر، ١٩٦٠، ص ١١٩-١٢٥؛ أنظر : وفيات الأعيان ٣، ١٤٩، المنهل الصافى ٣، ٢٦٥، روضات الجنات ٦٠٥، مفتاح السعادة، ١، ٢٦١ .

٤٤) د. رشدی راشد، "التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي"، فی تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٥ .

٤٥) الفارابي، "كتاب آراء أهل المدينة الفاضلة"، قدم له وعلق عليه د. البير نصری نادر، ط٤، دار المشرق، بيروت-لبنان، ١٩٧٣، ص٥٥-٥٧ .

٤٦) الفارابي، "كتاب آراء أهل المدينة الفاضلة"، قدم له وعلق عليه د. البير نصری نادر، ط٤، دار المشرق، بيروت-لبنان، ١٩٧٣، ص٦١-٦٣ . حسين على محفوظ، جعفر آل ياسين، مؤلفات الفارابي، وزارة الإعلام، بغداد-العراق، ١٩٧٥؛ حسين على محفوظ، الفارابي فی المراجع العربية، ج١، وزارة الإعلام، بغداد-العراق، ١٩٧٥ .

٤٧) د. عبد الرحمن بدوى (تحقيق وتقديم)، أفلوطين عند العرب، وكالة المطبوعات، ط٣، الكويت، ١٩٧٧؛ د. عبد الرحمن بدوى (تحقيق وتقديم)، الأفلاطونية المحدثة عند العرب، وكالة المطبوعات، ط٢، الكويت، ١٩٧٧ . د. قاسم غنى، تاريخ التصوف فى الإسلام، ترجمه عن الفارسية صادق نشأت، راجعه د. أحمد ناجى القيسى ود. محمد مصطفى حلمي، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٧٠؛ د. مصطفى غالب، الحركات الباطنية فى الإسلام، دار الأندلس، بيروت-لبنان، ط٢، ١٩٨٢؛ أفلوطين، التساعية الرابعة فى النفس، دراسة وترجمة د. فؤاد زكريا ومراجعة د. محمد سليم سالم، هيئة الكتاب، ١٩٧٠ .

٤٨) د. رشدی راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي، فی "تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٧-٧٨ .

٤٩) د. رشدی راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي، فی "تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٩ .

٥٠) د. رشدی راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي، فی "تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٠ .

٥١) د. رشدی راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي، فی "تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٠ .

٥٢) د. رشدی راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي، فی "تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٣ .

٥٣) د. رشدی راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سینا، الطوسی والحلي، فی "تطریات العلم من العصر القديم الی القرن السابع عشر"، د. رشدی راشد وجوال بیار (تحریر)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٥ .

٥٤) كتاب "الباهر فى الجبر" للسموعل (تحقيق مشترك مع أحمد سعيدان)، دمشق، مطبوعات جامعة دمشق، ١٩٧٢ .

٥٥) سالم يفوت، ابن حزم والفكر الفلسفى بالمغرب والأندلس، الدار البيضاء، المغرب، ط١، ١٩٨٦.

٥٦) ابن تيمية، "موافقة صحيح المنقول لصريح المعقول"، القاهرة، ١٩٥١ .

٥٧) الفارابي، "إحصاء العلوم"، مرجع سبق ذكره، ص٥٣ .

٥٨) السموال، "الباهر فى الجبر" (تحقيق مشترك مع أحمد سعيدان)، دمشق، مطبوعات جامعة دمشق، ١٩٧٢، ص ٢٢٧-٢٥.

٥٩) د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٧-٨٢.

٦٠) د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٧ .

٦١) د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٧ .

٦٢) د. رشدی راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٩ .

٦٣) د. رشدي راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢، ص ٧٦٩ .

٦٤) د. رشدي راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢، ص ٧٧٥ .

٦٥) أرسطو، "مابعد الطبيعة" ٦٦، ج، ٧، ١٠٣٢، ب ١٥-٣٠، وفي كتابه عن "حركات الحيوانات"، ٧، ٧٠١ وحتى ٣١ .

٦٦) د. رشدي راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢، ص ٧٧٣-٧٧٧ .

٦٧) د. رشدي راشد، "الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري، ابن سهل والقوهي وابن الهيثم"، باريس، الاداب الرفيعة، ١٩٩٣، ٧٠٥ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية الى اللغة العربية بمعرفة د. شكر الله الشالوحي، ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب، ٣، بيروت-لبنان ، أغسطس ١٩٩٦، ص ١٠٦-١٢٦ .

الفصل الثانى

رياضيات الفلاسفة

"ينبغي أن لا نستحي من استحسان الحق واقتناء الحق من أين
أتي، وإن أتى من الأجناس القاصية عنا والأمم المباينة لنا، فإنه لا
شيء أولى بطالب الحق من الحق"

الكندي

"لم يكن في الإسلام من اشتهر عند الناس بمعاناة علم الفلسفة
حتى سموه فيلسوفا غير يعقوب هذا"

ابن العبري

أولا : الميتافيزيقا وهيئة العالم عند الكندي، أبو يوسف يعقوب

بن إسحاق بن الصباح بن عمران بن إسماعيل ابن محمد بن الأشعث بن قيس

بن معدى كرب (نحو بداية القرن التاسع الميلادي-نحو نهاية الثلث الثاني

من القرن التاسع الميلادي)

حقق رشدی راشد الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي بوجه عام، وأعمال الكندي في البصريات وعلم الضوء والميتافيزيقا وعلم الهيئة بوجه خاص، وشرحها شرحا تاريخيا ورياضيا وفلسفيا، وترجمها إلى اللغة الفرنسية^(١). حقق في ميدان الميتافيزيقا وعلم الهيئة، كتاب الكندي إلى المعتصم بالله في الفلسفة الأولى. وترجم رد ابن حزم على ابن النغيلة اليهودي ورسائل أخرى. وحقق قول الكندي في الرد على النصاري وإبطال تثليثهم على أصل المنطق والفلسفة. وترجم رواية ابن عبد ربه الأندلسي في كتاب "العقد الفريد" على بحث الكندي في الفلسفة الأولى^(٢)، ورواية أبي سليمان السجستاني في "منتخب صوان الحكمة ورسائل أخرى"^(٣). وحقق وترجم رسالة الكندي في وحدانية الله وتناهي جرم العالم، ورسالة الكندي في مائة ما لا يمكن أن يكون لانهاية له وما الذي يقال فيه لا نهاية له، ورسالة الكندي إلى أحمد بن محمد الخراساني في إيضاح تناهي جرم العالم، ورسالة الكندي في الفاعل الحق الأول التام والفاعل الناقص الذي هو بالمجاز، وغيرها من الرسائل والأعمال العلمية والفلسفية الغير المحققة من قبل للكندي أو الغير المترجمة من قبل في اللغة الفرنسية.

تعلم الكندي في الكوفة ثم في بغداد حيث كانت المدينتان مزدهرتين على مستوى الثقافة والفكر والعلم. وألحقه الخليفة المأمون ببیت الحكمة الذي كان قد أسسه. وجعله خلف المأمون، المعتصم، مربيا لأبنه أحمد. لم يكن مرضياً عنه في ظل الواثق، لكنه ما لبث أن عاد في عصر المتوكل ثم خفت نجمه في ظل المنافسة

بينه وبين أقرانه أمثال بنو موسى وغيرهم من العلماء. من هنا عاش الكندي أغلب فترات حياته في جو من النشاط العلمي المتقدم. عاش في ذلك العصر الذي شهد نقل العلم اليوناني، والفارسي، والهندي، واستيعابه، وتجاوزه إلى آفاق أرحب. نقلت العلوم الغير العربية إلى اللغة العربية من اللغة السريانية، وغيرها من اللغات. ترجم الكندي وفريقه، أعمال أرسطو، وأفلوطين، وبرقلس. وكان الكندي مكلفاً من المأمون بمراجعة الترجمة وضبطها على الحرف العربي.

إكمال علم الأوائل

إن المشروع الذي حدده في أوائل بحثه "في الفلسفة الأولى"، بوجه خاص، يعنى استعادة القدامى وإكمال عملهم. وهذا يعنى أن الكندي لا يعبر عن الفكر اليوناني باللغة العربية وحسب إنما يدعى لنفسه شيئاً من الأصالة الفكرية. وتدل على ذلك العبارة التي تنصدر الكلام على الفلسفة الرياضية لدى الكندي، والتي يقول فيها إنه "ينبغي أن لا نستحي من استحسان الحق واقتناء الحق من أين أتى، وإن أتى من الأجناس القاصية عنا والأمم المبينة لنا، فإنه لا شيء أولى بطالب الحق من الحق، وليس ينبغي بخمس الحق ولا تصغير بقائله ولا بالآتي به، ولا أحد بخس الحق، بل كل يشرفه الحق."^(٤)

إن المشروع الذي حدده في أوائل بحثه "في الفلسفة الأولى"، بخاصة، عني به الكندي استعادة القدامى وإكمال عملهم. وهذا عني الكندي به لا التعبير عن الفكر اليوناني باللغة العربية وحسب إنما عني الكندي به التعبير عن فكر متميز في اللغة العربية. وليس من شك في أن الكندي عبر عن الفكر اليوناني حين قال في كتابه إلى المعتصم بالله في الفلسفة الأولى، إن "أعلى الصناعات الإنسانية منزلة، وأشرفها مرتبة، صناعة الفلسفة، التي حدها علم الأشياء بحقائقها بقدر طاقة الإنسان."^(٥) فالمقطع الأول من هذا الحد للفلسفة -علم الأشياء بحقائقها- يشبه تعريف أرسطو في الميتافيزيقا، α، ١، ٩٩٣ ب ١٩-٢٠، لكن الحد في مجموعه -علم الأشياء بحقائقها بقدر طاقة الإنسان- يبدو مستلهما من مقدمات الشراح السكندريين آمونيوس، وإلياس، ودافيد، لمقدمة بورفيريوس، ويعطى آمونيوس، وإلياس، ودافيد ويشرحون الحدود المتعددة للفلسفة. والحد الأول هو أن الفلسفة هي علم الكائنات بوصفها كائنات. والحد الرابع، الوارد في محاوره تيتاؤوس لأفلاطون، ١٧٦أ-ب، هو أن الفلسفة تنهض على مشابهة الإنسان للإله بقدر طاقته. ويبدو أن الكندي استلهم هذه التعريفات للفلسفة من هؤلاء المؤلفين. وأورد الكندي، من جهة أخرى، الإضافة التالية "إن غرض الفيلسوف في علمه إصابة الحق، وفي عمله العمل بالحق."^(٦) فالمقطع الأول والثاني من هذا الحد للفلسفة -إن غرض الفيلسوف في علمه إصابة الحق، وفي عمله العمل بالحق- يشبه تعريف أرسطو في "الميتافيزيقا"، α، ١، ٩٩٣ ب ٢٠-٢١. وأورد الكندي، من جهة ثالثة، الإضافة التالية: "لا الفعل سرمدًا، لأننا نمسك وينصرم

الفعل، إذا انتهينا إلى الحق. ولسنا نجد مطلوباتنا من الحق من غير علة.^(٧) ويستعير الكندي، من خلال عبارة -ولسنا نجد مطلوباتنا من الحق من غير علة-، عبارة أرسطو الواردة في "الميتافيزيقا"، α ، ١ ، ٩٩٣ ب ٢٣-٢٤ . والجدير بالذكر أن الحق، من جهة، والأول، من جهة أخرى، من الأسماء الإلهية. وأورد الكندي، من جهة رابعة، أن "علة وجود كل شيء وثباته الحق ، لأن كل ما له آنية له حقيقة ، فالحق اضطراراً موجوداً إذا لإثبات موجودة . وأشرف الفلسفة وأعلامها مرتبة الفلسفة الأولى ، اعنى علم الحق الأول الذى هو علة كل حق."^(٨)

ويستعير الكندي، من خلال هذه العبارات، عبارة أرسطو الواردة في "الميتافيزيقا"، α ، ١ ، ٩٩٣ ب ٢٧-٣٠ . وفى موضع آخر، حدد الأسئلة العلمية على النحو التالى : "المطالب العلمية أربعة، كما حددنا فى غير موضع من أقاويلنا الفلسفية، إما هل ، وإما ما ، وإما أيّ، وإما لم."^(٩) ويستعير الكندي، من خلال "المطالب العلمية الأربعة"، تقسيم أرسطو الوارد فى "التحليلات الثانية"، ٢ ، ١ ، وترتيب المطالب العلمية الأربعة الذى يتبعه الكندي هو ترتيب المطالب العلمية الأربعة، الوارد فى شروح إلياس ودافيد. وفى شرحه للأسئلة العلمية، يقول الكندي : "فأما "هل" فإنها باحثة عن الآنية فقط ، فأما كل آنية لها جنس، فإن الـ"ما" تبحث عن جنسها؛ و"أي" تبحث عن فصلها، و"ما" و"أي" جميعاً تبحثان عن نوعها؛ و"لم" عن علتها التمامية، إذ هى باحثة عن العلة المطلقة."^(١٠) وفى شرحه للأسئلة العلمية، يقول الكندي، بوجه خاص، إن "أي" تبحث عن فصلها، أى أن أى *poion*- اليونانى القديم- لا تبحث عن كيف ولا عن كيفية، إنما تبحث عن فصلها الجنسى. وهو بحث عائد إلى بورفريوس، وأورده آمونيوس ودافيد، والكندي، فى صورة "الأيبيا"، المنحوتة على نسق أيّ، فى الفصل الثانى من كتابه إلى المعتصم بالله فى الفلسفة الأولى. ويجمع الكندي فى نسق واحد جهات عدة مهمة من فلسفة أرسطو على النحو التالى :

١- الفيزياء : "إن كل علة إما أن تكون عنصرًا ، وإما صورة ، وإما فاعلة- أعنى ما منه مبدأ الحركة - وإما متممة ، أعنى ما من أجله كان الشيء؛"

٢- النظرية الأرسطية-البورفية فى المحمولات : "فأما "هل" فإنها باحثة عن الآنية فقط ، فأما كل آنية لها جنس، فإن الـ"ما" تبحث عن جنسها؛ و"أي" تبحث عن فصلها، و"ما" و"أي" جميعاً تبحثان عن نوعها؛ و"لم" عن علتها التمامية، إذ هى باحثة عن العلة المطلقة. وبين أنا متى أحطنا بعلم عنصرها فقد أحطنا بعلم جنسها، ومتى أحطنا بعلم صورتها فقد أحطنا بعلم نوعها. وفى علم النوع علم الفصل. فإذا أحطنا بعلم عنصرها وصورتها وعلتها التمامية فقد أحطنا بعلم حدها. وكل محدود فحقيقته فى حده."؛

٣- نظرية المعرفة العلمية : "المطالب العلمية أربعة، كما حددنا في غير موضع من أقوالنا الفلسفية، إما هل ، وإما ما ، وإما أي، وإما لم."

و يسجل رشدی راشد الهوة بين العلل والمطالب العلمية، كما يسجل، من جهة أخرى، الهوة بين "الوجود من دون إضافة"، وبين "العلة الفعالة". وفي ما يقول الكندي إنه "غير ممكن أن يجتمع في زمن المرء الواحد- وإن اتسعت مدته ، وأشدت بحثه، ولطف نظره ، وأثر الدأب- ما اجتمع بمثل ذلك من شدة البحث، وألطف النظر، وإيثار الدأب ، في أضعاف ذلك من الزمان الأضعاف الكثيرة. فأما أرسطو طالس، مبرز اليونانيين في الفلسفة ، فقال : "ينبغي لنا أن نشكر آباء الذين أتوا بشيء من الحق، إذ كانوا سبب كونهم ، فضلاً عنهم ، إذ هم سبيلهم ، وإذ هم سبب لنا إلى نيل الحق". فما أحسن ما قال في ذلك.^(١١) فإن الكندي يستعير عبارة أرسطو الواردة في "الميتافيزيقا"، α، ١، ٩٩٣ أ ٣٠ ب٤. وحين يقول الكندي : "فأما أرسطو طالس، مبرز اليونانيين في الفلسفة ، فقال : "ينبغي لنا أن نشكر آباء الذين أتوا بشيء من الحق، إذ كانوا سبب كونهم ، فضلاً عنهم ، إذ هم سبيلهم ، وإذ هم سبب لنا إلى نيل الحز . فما أحسن ما قال في ذلك."^(١٢) ، فإن الكندي لا يستعير عبارة أرسطو الواردة في "الميتافيزيقا"، α، ١، ٩٩٣ ب ١١ وما بعده. واستقلال الكندي هنا عن أرسطو لا يعنى رفضه لليونان، إنما هدفه هو إكمال عمل اليونان، كما سبق أن أسلفنا : "ينبغي لنا ألا نستحي من استحسان الحق واقتناء الحق من أين أتى. وإن أتى من الأجناس القاصية عنا ، والأمم المبينة ، فإنه لا شيء أولى بطالب الحق من الحق، وليس يحس الحق ولا يصغر بقائله، ولا بالآتي به، ولا أحد يخس بالحق، بل كل يشرفه الحق. فحسن بنا - إذ كنا حراساً على تتميم نوعنا، إذ الحق في ذلك- أن نلزم في كتابنا هذا عاداتنا في جميع موضوعاتنا ؛ من إحضار ما قال القدماء في ذلك قولاً تاماً ، على أقصد سبله وأسهلها سلوكاً على أبناء هذه السبيل ، وتتميم ما لم يقلوا فيه قولاً تاماً، على مجرى عادة اللسان وسنة الزمان، وبقدر طاقتنا، مع العلة العارضة لنا في ذلك، من الانحصار عن الاتساع في القول المحلل لعقد العويص الملتبسة."^(١٣)

يتوق الكندي إلى أن يجتنب سوء تأويل كثير من المتسمين بالنظر في عصره "من أهل الغربية عن الحق، وإن يتوجوا بتيجان من غير استحقاق ، لضيق فطنهم عن أساليب الحق، وقلة معرفتهم بما يستحق ذو والجلالة في الرأي والاجتهاد في الأنفاع العامة الكل، الشاملة لهم ، ولدرانة الحسد المتمكن من أنفسهم البهيمية، والحاجب بسدف سجوفه أبصار فكرهم عن نور الحق، ووضعهم ذوى الفضائل الإنسانية التي قصروا عن نيلها ، وكانوا منها في الأطراف الشاسعة بموضع الأعداء الجريئة الواترة ، ذبا عن كراسيهم المزورة التي نصبوها عن غير استحقاق، بل للترؤس والتجارة بالدين ، وهم عدماء الدين، لأن من تجر بشيء باعه ، ومن باع شيئاً لم يكن له ، فمن تجر بالدين لم يكن له دين، ويحق أن يتعري من الدين من عائد قنية علم الأشياء بحقائقها وسماها كفرة ، لأن في علم الأشياء بحقائقها علم الربوبية ، وعلم

الوحدانية.^(١٤) ويستعير الكندي، من خلال عبارة "علم الربوبية"، لا عبارة أرسطو التي قد تكون واردة في "الميتافيزيقا"، أو في موضع آخر، إنما يستعير الكندي، من خلال عبارة "علم الربوبية"، الأفلاطونية المحدثة.

وسبق أن أشرنا أن حركة الترجمة التي نشطت في القرن الثالث الهجري، لا سيما في عهد الخليفة المأمون، جعلت الرياضيين المسلمين يصوغون فكراً متميزاً عن الفكر اليوناني. من بين المؤلفات اليونانية العديدة التي نقلت إلى العربية، كان هناك كتاب بعنوان "تولوجيا أرسطو" له أهمية خاصة ، إذ أنه فتح أفقاً جديدة للفكر العربي. هذا الكتاب المنسوب خطأ إلى أرسطو هو في الواقع مجموعة لبعض تساعيات أفلوطين، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضانية. يدور كتاب "اثولوجيا أرسطو" على فلسفة فيض العالم عن كائن أول (الواحد) ويجعل سلسلة من الوسطاء بين هذا الكائن الأول والإنسان.

و قد قامت فكرة أفلوطين، كما سبق أن أشرنا، عن الفيض أو الصدور *Emanation* ، في الإطار العام لفلسفة أفلوطين في وحدة الوجود، حيث يتدرج العالم، وتتسلسل مراتب الوجود بدءاً من المركز الأول، وتمتد حتى أكثر درجات الوجود تفوقاً. ومن شأن تدرج الموجودات هبوطاً من المبدأ الأول، أن يتحرك حركتين أساسيتين : حركة هابطة وحركة صاعدة. أما الحركة الهابطة فهي وصفية عقلية، يسير موكب الوجود من الواحد تدريجاً حتى ينتهي إلى المادة، وأما الحركة الصاعدة فهي في ارتقاء هذا السلم مرة أخرى، والعودة إلى الواحد الأول. وهذه العودة إلى الواحد الأول هي عودة عينية أو حركة صوفية ، أساسها تصفية النفس حتى يتسنى لها الارتقاء تدريجاً ، والعودة إلى الاتحاد بمصدرها الأول. وإذا كان الاستدلال العقلي هو أساس إدراكنا للحركة الهابطة ، ولا يعود في وسعنا أن نصل، في العودة إلى الواحد الأول، إلى الموجود العالي إلا من خلال الاتحاد الصوفي.

ثم درس الكندي مسألة العلاقة بين علم الفلاسفة والعلم النبوي في كتابه إلى المعتصم بالله في الفلسفة الأولى، كما في رسالته عن كتب أرسطو. وأما في كتابه إلى المعتصم بالله في الفلسفة الأولى، فقد أورد أن اقتناء علم الربوبية، وعلم الوحدانية، وعلم الفضيلة، وجملة علم كل نافع ، والسبيل إليه ، والبعد عن كل ضار، والاحتباس منه، جميعاً هو الذي أتت به الرسل عن الله. فإن الرسل إنما تقر بربوبية الله وحده ، "وبلزوم الفضائل المرتضاة عنده ، وترك الرذائل المضادة للفضائل في ذواتها ، وإيثاره."^(١٥) وأما علم الفلاسفة فهو "إعطاء العلة والبرهان من قنية علم الأشياء بحقائقها."^(١٦) وأما علم الفلاسفة فهو "إعطاء العلة". ولذلك لا بد أن يحيط الفيلسوف بعلم العلة لا بعلم المعلول، لأن علم كل واحد من المعلومات علماً تاماً إذا أحاط الفيلسوف بعلم علته. وسمى علم العلة الأولى "الفلسفة الأول".

و فى صدر الفن الثانى، أى الجزء الأول فى الفلسفة الأولى، قال الكندى "إن الوجود *Existence* الإنسانى وجودان"، ويقصد بالوجود *Existence* صيغتين من صيغ الوجود، وصيغتين من صيغ المعرفة. لكن المقصود فى سياق الفن الثانى، أى الجزء الأول فى الفلسفة الأولى للكندى، هو الوجود بمعنى الإدراك الحسى *PERCEPTION*.

١- الوجود الأول هو إذن "أقرب منا وأبعد عند الطبيعة ، وهو وجود الحواس التى هى لنا ، منذ بدء نشوئنا ، وللجنس العام لنا ولكثير من غيرنا ، أعنى الحى العام لجميع الحيوان . فإن وجودنا بالحواس، عند مباشرة الحس محسوسه ، بلا زمان ولا مؤونة ؛وهو غير ثابت لزوال ما نباشر ، وسيلانه وتبدله فى كل حال ، بأحد أنواع الحركات، وتفاضل الكمية فيه بالأكثر والأقل ، والتساوى وغير التساوى ، وتغاير الكيفية فيه بالشبيه وغير الشبيه ، والأشد والأضعف ، فهو الدهر فى زوال دائم ، وتبدل غير منفصل؛ وهو الذى تثبت صورته فى المصور، فيؤديها إلى الحفظ، فهو متمثل ومتصور فى نفس الحى ، فهو - وإن كان لا ثبات له فى الطبيعة ، فبعد عندها ، وخفى لذلك - فهو قريب من الحاس جدًا ، لوجدانه بالحس مع مباشرة الحس إياه . والمحسوس كله ذو هيولى أبدًا، فالمحسوس أبدًا جرم." (١٧)

٢- الوجود الثانى هو "أقرب من الطبيعة وأبعد عندنا ، وهو وجود العقل. وبحق ما كان الوجود وجودين؛ وجود حسى ووجود عقلى، إذ الأشياء كلية وجزئية. أعنى بالكلى الأجناس للأنواع ، والأنواع للأشخاص ، وأعنى بالجريئة الأشخاص للأنواع. والأشخاص الجزئية الهيولانية واقعة تحت الحواس. وأما الأجناس والأنواع فغير واقعة تحت الحواس، ولا موجودة وجودًا حسيًا، بل تحت قوة من قوى النفس التامة، أعنى الإنسانية، هى المسماة العقل الإنسانى. وإذ الحواس واجدة الأشخاص، فكل متمثل فى النفس من المحسوسات فهو للقوة المستعملة الحواس. فأما كل معنى نوعى وما فوق النوع، فليس متمثلًا للنفس ، لأن المثل كلها محسوسة، بل مصدق فى النفس محقق متيقن بصدق الأوائل العقلية المعقولة اضطرارًا، كهولا هو غير صادقين فى شيء بعينه ليس بغيري، فإن هذا وجود للنفس لا حسى، اضطراري، لا يحتاج إلى موسى؛ وليس يتمثل لهذا مثال فى النفس، لأنه لا مثال ؛ لأنه لا لون ولا صوت ولا طعم ولا رائحة ولا ملموس، بل إدراك لا مثالى." (١٨)

الحس الكلى

وكل ما كان هيولانيا فإنه مثالى، يمثله الحس الكلى *SENS UNIVERSEL*. وهو يطابق، لفظًا، على أقل تقدير، الحس المشترك *SENS COMMUN* لدى أرسطو فى رسالته فى النفس، على حين تشير طريقة عرض وظيفته الخيال، لدى أرسطو، أيضاً، فى رسالته فى النفس. ويواصل الكندى نظريته فى الحس الكلى

SENS UNIVERSEL قائلاً إن "كل ما هو لا هيو لاني، وقد يوجد مع الهيو لاني، كالشكل الموجود باللون، إذ هو نهاية اللون ؛ فيعرض بالحس البصري أن يوجد الشكل، إذ هو نهاية المدرك بالحس البصري. وقد يظن أنه يتمثل في النفس باجتلاب الحس الكلي له، وتمثله في نفس الإنسان لاحقة تلحق المثال اللوني، كلاحقة التي تلحق اللون أنه نهاية الملون ، فوجود النهاية- التي هي الشكل - وجود عقلي عرض بالحس لا محسوس بالحقيقة. فذلك كل اللاني لا هيو لاني لها، وتوجد مع الهيو لاني، قد يظن أنها تمثل في النفس، وإنما تعقل مع المحسوس، لا يتمثل.^(١٩) ويواصل الكندي نظريته في الحس الكلي *SENS UNIVERSEL* قائلاً إن الحس الكلي *SENS UNIVERSEL* يتوسط الإدراك الحسي والإدراك الذهني، وإن دوره قد يفسر بطريقتين :

١- الطريق الأقرب منا وأبعد عند الطبيعة ، وهو طريق الحواس التي هي لنا ، منذ بدء نشوئنا، وللجنس العام لنا ولكثير من غيرنا ، يعنى الحى العام لجميع الحيوان. هنا يتجرد الحس الكلي *SENS UNIVERSEL* من خلال استجلاء الفروق، بين ألوان مسطحين متجاورين، تمثيلاً لا حصراً؛

٢- الطريق العقلي من خلال تجاوز الصورة في النفس.

و فرق الكندي فرق بين الواجب الاضطرابي، الوجود العقلي الاضطرابي، وبين الصورة في النفس، بين الصورة الذهنية من جهة، وبين الصورة كتمثيل، وكنسخة من داخل المحسوس، من جهة ثانية، وبين تعارض الصورة والمادة، بل وتعارض الصورة والجنس. وقد سبق أن ورد التعارض بين الصورة والجنس في الأدبيات الفلسفية العربية بعمامة، وفي "المنطق" لابن المقفع. يبرهن مثال الفكر بلا الصورة على جانب مهم من علم الفلك الأرسطي. يبرهن بحث الأشياء التي فوق الطبيعة على جانب مهم من علم الميتافيزيقا الأرسطي: " فمن بحث الأشياء التي فوق الطبيعة، أعنى التي لا هيو لاني لها، ولا تقارب الهيو لاني، فلن يجد لها مثلاً [صورة] في النفس، بل يجدها بالأبحاث العقلية. فأحفظ- حفظ الله عليك جميع الفضائل، وصانك عن جميع الرذائل- هذه المقدمة، لتكون لك دليلاً قاصداً سواء الحقائق، وشهاباً حاسراً عن عين عقلك ظلم الجهل وكدر الحيرات. فإن بهاتين السبيلين كان الحق من جهة سهلاً، ومن جهة عسيراً. لأن من طلب تمثل المعقول ليجده بذلك، مع وضوحه في العقل عمى عنه كعشا عين الوطواط عن نيل الأشخاص البيئة الواضحة لنا في شعاع الشمس.^(٢٠) يبرهن بحث الأشياء التي في الطبيعة على جانب مهم من علم الفيزيقا الأرسطي، حيث أورد الكندي أن "الطبيعة علة أولية لكل متحرك ساكن، فإذن كل طبيعي فذ وهيو لاني."^(٢١)

وحدد الكندي تميز مناهج كل علم على حدة كما حدد الكندي تميز مناهج كل ممارسة عقلية بعمامة، على النحو التالي : "قد ينبغي ألا يطلب في إدراك كل مطلوب الوجود البرهاني، فإنه ليس كل مطلوب عقلي

موجودًا بالبرهان ؛ لأنه ليس لكل شيء برهان، إذ البرهان لبعض الأشياء، وليس للبرهان برهان؛ لأن هذا يكون بلا نهاية إن كان لكل برهان برهان، فلا يكون لشيء وجود البتة، لأن ما لا ينتهي إلى علم أوائله فليس بمعلوم، فلا يكون علمًا البتة؛ لأننا إن رمنا علم "ما الإنسان"، الذي هو الحى الناطق الميت، ولم نعلم ما الحى وما الناطق وما الميت، لم نعلم ما الإنسان إذًا. وكذلك ينبغي ألا نطلب/ الإقناعات فى العلوم الرياضية، بل البرهان، فإننا إن استعملنا الإقناع فى العلم الرياضى كانت إحاطتنا به ظنية لا علمية. وكذلك لكل نظر تمييزى وجود خاص غير وجود الآخر. ولذلك ضل أيضًا كثير من الناظرين فى الأشياء التمييزية، لأن منهم من جرى على عادة طلب الإقناع، وبعضهم جرى على عادة الأمثال، وبعضهم جرى على عادة شهادات الأخبار، وبعضهم جرى على عادة الحس، وبعضهم جرى على عادة البرهان لما قصروا عن تمييز المطلوبات.^(٢٢) ويشبه تحديد الكندى تميز مناهج كل علم على حدة كما تحديد الكندى تميز مناهج كل ممارسة عقلية بعامة، على النحو سالف الذكر، تحديد أرسطو، فى "الميتافيزيقا"، α ، ٣، ٩٥٥، ٦-٢٠ حيث أورد أرسطو المبدأ العام : "قد يطلب فى إدراك كل مطلوب الوجود البرهاني"، كما تتشابه الأمثلة والألفاظ لدى كل منهما : عادة الأمثال، شهادات الأخبار، عادة البرهان الرياضى، التفسير عن تمييز المطلوبات، وأما أمثال عادة طلب الإقناع والبرهان، فهى واردة فى كتاب "أخلاق نوماخوس"، ١، ٣، ١٠٩٤، ٢٣-٢٧ .

ثانيا - الرياضيات والوجود عند ابن سينا (٣٧٠هـ - ٤٢٨ هـ)

بحث رشدى راشد فى الرياضيات والفلسفة عند ابن سينا، وفى التوافقية والميتافيزيقا لديه، ولدى نصير الدين الطوسى وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين.^(٢٣)

وابن سينا هو أبو على الحسين بن عبد الله بن الحسن بن على بن سينا ، وقد ذكر ابن سينا نفسه قبساً عن نفسه ، ووصف أبو عبيد الجوزجاني ابن سينا صاحب الشيخ، فإن والده كان رجلاً من أهل (بلخ) وانتقل منها إلى (بخاري) وهى من أبرز القرى وبقرها قرية يقال لها (أفشنة) وتزوج والده منها بوالدته، وقطن بها وسكن. ثم انتقلت الأسرة إلى (بخاري) وكان والده يعد من الإسماعيلية ، وقد سمع منهم ذكر النفس ، والعقل، على الوجه الذى يقولونه ويعرفونه هم ، وابتدؤا يدعونه أيضاً إلى كلامهم، ويجرون على ألسنتهم ذكر الفلسفة والهندسة ، وحساب الهند. ثم جاء إلى (بخارى) (أبو عبيد الله النائلى) وكان يدعى المتفلسف، وأنزله والده دارهم، رجاء تعلمه منه ، وقبل قدومه كان يبحث فى الفقه برفقة (إسماعيل الزاهد) وكان من أجود السالكين، ثم ابتدأ بكتاب (إساجوجى) على (النائلى) ولما ذكر له حد الجنس أنه (هو المقول على كثيرين مختلفين بالنوع ، فى جواب ما هو؟) فأخذ فى تحقيق ذلك، حتى قرأ ظواهر المنطق عليه. وكذلك كتاب (أقليدس) فقرأ من أوله خمسة أشكال ، أو ستة ، عليه. ثم تولى بنفسه حل بقية الكتاب بأسره. ثم انتقل إلى (المجسطى). ثم

اشتغل هو بتحصيل الكتب من النصوص والشرح ، من الطبيعي والإلهي، ثم رغب في علم الطب وصار يقرأ الكتب المصنفة فيه ثم أعاد قراءة المنطق ، وجميع أجزاء الفلسفة حتى أحكم (علم المنطق) و(الطبيعي) و(الرياضي) ثم عدل إلى (الإلهي) وقرأ كتاب (ما بعد الطبيعة) فما كان يفهم ما فيه ولا المقصود به وفقد الأمل في نفسه ، وقال : هذا كتاب لا سبيل إلى فهمه. وإذا هو في يوم من الأيام حضر وقت العصر في الوراقين ، وعثر على كتاب ل (أبي نصر الفارابي) في أغراض كتاب (ما بعد الطبيعة) ، فانفتح عليه في الوقت أغراض ذلك الكتاب.

وكان سلطان بخارى في ذلك الوقت (نوح بن منصور) واتفق له مرض تلج الأطباء فيه ، وكان اسمه اشتهر بينهم ، بالتوفير على القراءة ، فأجروا ذكره بين يديه ، وسألوه إحضاره، فحضر وشاركهم في مداواته. وكان في جواره رجل يقال له (أبو الحسين العروض) فسأله أن يصنف له كتاباً جامعاً في هذا العلم، فصنف له (المجموع) وسماه به ، وأتى فيه على سائر العلوم ، سوى الرياضي. وكان في جواره أيضاً رجل يقال له (أبو بكر البرقي) خوارزمي المولد متوحد في الفقه والتفسير ، والزهد ، مائل إلى هذه العلوم ، فسأله شرح الكتب له ، فصنف له كتاب (الحاصل والمحصل) في قريب من عشرين مجلدة. وصنف له في الأخلاق كتاباً سماه كتاب (البر والإثم). ثم مات والده وتصرفت به الأحوال ، وتقلد شيئاً من أعمال السلطان ودعته الضرورة إلى الإخلال ب (بخارى) والانتقال إلى (كركانج) .وكان (أبو الحسين السهلي) المحب لهذه العلوم ، بها وزيراً ، وقدم إلى الأمير بها ، وهو (على بن مأمون) وكان على رأى الفقهاء إذ ذاك ، بطيلسان. ثم دعت الضرورة إلى الانتقال إلى (نسا) ومنها إلى (بارود) ومنها إلى (طوس) ومنها إلى (شقان) ومنها إلى (سمنيقان) ومنها إلى (جاجرم) رأس حد (خراسان) ومنها إلى (جرجان). وكان قصده الأمير (قابوس) فاتفق في أثناء هذا أخذ (قابوس) وحبسه في بعض القلاع ، وموته هناك . ثم مضى إلى (دهستان) ومرض بها مرضاً صعباً ، وعاد إلى (جرجان) فاتصل (أبو عبيد الجوزجاني) به. وقال (أبو عبيد الجوزجاني) صاحب الشيخ الرئيس ، "فهذا ما حكى لى الشيخ من لفظه ، ومن هنا شاهدت أنا من أحواله". كان بـ(جرجان) رجل يقال له (أبو محمد الشيرازي) يحب العلوم، وقد أشتري للشيخ داراً في جواره ، وأنزله بها ، وأختلف إليه في كل يوم ، يقرأ (المجسطي) ويستملى المنطق. فأملى عليه (المختصر الأوسط) في المنطق . وصنف ل (أبي محمد الشيرازي) كتاب (المبدأ والمعاد) وكتاب (الأرصاد الكلية) وصنف هناك كتباً كثيرة ، ك (أول القانون) و(مختصر المجسطي) وكثيراً من الرسائل ، ثم صنف في (أرض الجبل) بقية كتبه. وهذا فهرست كتبه : (كتاب المجموع) مجلدة ، (الحاصل والمحصل) عشرون مجلدة (الإنصاف) عشرون مجلدة ، (البر والإثم) مجلدتان (الشفاء) ثمان عشرة مجلدة ، (القانون) أربع عشرة مجلدة، (الأرصاد الكلية) مجلدة ، كتاب (النجاة) ثلاث مجلدات

(الهداية) مجلدة ، (الإشارات) مجلدة، كتاب (المختصر الأوسط) مجلدة (العلاني) مجلدة، (القولنج) مجلدة ، لسان العرب (عشر مجلدات ، (الأدوية القلبية) مجلدة ، الموجز) مجلدة ، بعض الحكمة المشرقية (مجلدة (بيان ذوات الجهة) مجلدة ، كتاب (المعاد) مجلدة ، كتاب المبدأ والميعاد) مجلدة ، كتاب (المباحثات) مجلدة. ومن رسائله (القضاء والقدر) (الآلة الرصدية) (غرض قاطيغورياس) (المنطق بالشعر) (القصائد في العظمة) و(الحكمة في الحروف) (تعقب المواضع الجدلية) (مختصر أوقليدس)، (الأجرام السماوية) (الإشارة على علم المنطق) (أقسام الحكمة في النهاية والالانهاية) (عهد كتبه لنفسه) (حتى بن يقظان) (في أن أبعاد الجسم غير ذاتية له). ورسائل له إخوانية وسلطانية (مسائل جرت بينه وبين بعض الفضلاء) كتاب (الحواشي على القانون) كتاب "عيون الحكمة" . ثم انتقل إلى (الرى) واشتغل بخدمة السيدة وابنها (مجد الدولة) وعرفوه بسبب كتب وصله معه تتضمن تعريف قدره. وكان بـ(مجد الدولة) إذ ذاك غلبت السوداء : فأشتغل بمداوثة. وأقام بها إلى أن قصد (شمس الدولة) بعد قتل (هلال بن بدر بن حسونة) وهزيمة عسكر (بغداد) . ثم اتفقت اسباب اوجبت الضرورة لها خروجه إلى (قزوین) ومنها إلى (همدان) واتصاله بخدمة (كذبانوية) والنظر في أسبابها.

ثم عن للشيخ التوجه إلى (أصفهان) واشتغل بـ(أصفهان) بتنظيم كتاب (الشفاء) ففرغ من (المنطق) و(المجسطى) وكان قد اختصر (أوقليدس) و(الأرثماطيقى) و(الموسيقى) وأورد في كل كتاب من الرياضيات زيادات ضرورية، أما في (المجسطى) في علم (الهيئة) أشياء لم يسبق إليها ، وأورد في (أوقليدس) شيها ، وفي (الإثمار طيقى) خواص حسنة ، وفي (الموسيقى) مسائل معينة. وتم الكتاب المعروف ب(الشفاء) ما خلا كتابي (النبات) و(الحيوان) فإنه صنفهما في السنة التي توجه فيها (علاء الدولة) إلى (سابور خواست) في الطريق. وصنف أيضا في الطريق كتاب (النجاة) واختص بـ(علاء الدولة). وصار من ندمائه إلى أن عزم (علاء الدولة) على قصد (همدان) وخرج الشيخ في الصحبة ، فجرى ليلة بين يدي (علاء الدولة) ذكر الخلل الحاصل في التقاويم المعمولة بحسب الأرصاد القديمة ، فأمر الأمير الشيخ الاشتغال برصد هذه الكواكب ، فكان يقع الخلل في أمر الرصد ، لكثرة الأسفار وعوائقها وصنف الشيخ بـ (أصبهان) (الكتاب العلاني). وتوفر على درس كتب اللغة ، ثلاث سنين واستهدى كتاب (تهذيب اللغة) من (خراسان) من تصنيف (أبي منصور الأزهري). ثم صنف الشيخ كتاباً في اللغة سماه (لسان العرب) لم ينصف في اللغة مثله ، ولم ينقله إلى البياض حتى توفي ، فبقى على مسودثة لا يهتدى أحد إلى ترتيبه. وكان قد حصل للشيخ تجارب كثيرة ، فيما باشره من المعالجات ، عزم على تدوينها في كتاب (القانون) وكان قد علقها على أجزاء ، فضاعت قبل تمام كتاب القانون.

وكان الشيخ قد صنف (جرحان) (المختصر الأصغر) فى المنطق ، وهو الذى وضعه بعد ذلك فى أول (النجاة) . ووضع فى حال الرصد آلات ما سبق إليها ، وصن فيها رسالة ، وبقي ثمان سنين مشغولاً بالرصد، وكان غرضه تبين ما يحكيه بطليموس عن الأرصاد.(٢٤)

وقد سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى تطبيق الرياضيين التحليل التوافيقى فى أغلب الأحيان فى حقلى الجبر والدراسات اللغوية العامة والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى شرع جاك برنوللى ومونمور فى إطلاق التحليل التوافيقى وفقاً لحاجات العلم الجديد وضمن حدود مسائل التجزئة لمجموعة وقائع وليس بالضرورة لمجموعة أعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا واستخدموا بعض طرائق هذا التحليل. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقى. وكان العلماء العرب يفرّقون ما نضعه نحن منذ وقت قريب، تحت تصور التحليل التوافيقى. وفى حين أن الجبرى لم يكن يرى فى الوسيلة التى يستخدمها عالم اللغة، وسيلته الخاصة ، فإن عالم اللغة كان يجهد من جهته فى ابتكار ما سبق الجبرى أن امتلك عناصره. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية. لم يدل باسم خاص على التحليل التوافيقى. فبدأ عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقاً توافيكية بشكل تلقائى. أما الجبرى فكان يسمى بعض الطرائق التى لم تكن قد أصبحت بعد نشاطاً معيناً باسم خاص على التحليل التوافيقى. غير أن التساؤل حول التجزئة فى الوعى النظرى - وحدة التحليل التوافيقى - استوجب التفريق بين اللغة العلمية والجبر. فإذا كان التحليل التوافيقى عند اللغوى هو وسيلة لتنظير ممارسة قديمة. فهو لا يشكل عند الجبرى سوى قاعدة تقنية لمسألة نظرية. فهو لا يشكل عند الجبرى سوى تصوراً آخر للجبر أو مشروعاً لجبر مستقل بذاته. إن التحليل التوافيقى وسيلة لدى اللغوى والجبرى معاً. يبدو مرة كوسيلة لحل مسألة تطبيقية بشكل نظرى ، ومرة ثانية كوسيلة منتجة فى أثناء حل مسألة نظرية. إن اختلاف الأهداف هو السبب فى تجاهل كل من الجبرى واللغوى أحدهما للآخر. إن هذين الاتجاهين -الجبرى واللغوي- للتحليل التوافيقى مهما بدا مختلفين ، فهما يشتركان فى تغيّر الصلات بين تصورى العلم والفن .

وقد دل تأسيس استقلال الجبر على تأسيس الجبر كعلم. وعاد ذلك إلى الإقرار بأن كل علم هو فن، وإلى أنه قد يظهر العلم من دون أن يحدد موضوعاً بعينه، لأنه يقارب موضوعات عدة - الحساب والهندسة. إن عالم اللغة بفهمه للمعالجة النظرية لفن ما، كفن المعجم، تمثيلاً لا حصراً، يلغى فرقاً قديماً بين العلم والفن ضمن نسبة نظام علم ما إلى معرفة مدركة فى إمكاناتها على التحقق العملى وحيث يخرج هدفها عنها. فإذا كان الفهم الأفضل لهذا التغيير المردود إلى علم اجتماع المعرفة، بقى حدساً لا إدراكاً، فإنه ظل المبرر للكلام حول الروح العملية للعلم العربى فى مقابل الروح النظرية للعلم اليونانى، ذلك الكلام الذى غالباً ما يستعاد منذ

إرنست رينان (RENAN) (أرنست رينان، محاورات رينان الفلسفية، نقلها إلى العربية على أدهم، القاهرة، دار الكتب، ١٩٩٨) وبيار دورهم (DUHEM) وبول تانرى (TANNERY).

فى بداية القرن الحادى عشر الميلادى ذكر ابن سينا أن ما سميت فيما بعد باسم مبرهنة بيار فرما لم يتم البرهان عليها فى عصره. بعد أن ذكر ابن سينا المبرهنة بطريقة واضحة تعهد بأن يبرهنها من المتطابقة :

$$Z^3 - Y^3 = (Z - Y)(Z + Y)(Z - Y)Z^2 + Y^2(Z - Y) + (Z - Y)^2Y^2$$

وبدأ برهان الشيخ الرئيس بتعليل هندسى لهذه المتطابقة ولاحظ أن طرف المتطابقة الثانى يقابل حجماً لكنه ليس مكعباً. واستنتج أن الطرف الأول ليس مكعباً. هذا الخلط بين الشكل الهندسى وحجمه - وهى معرفة بدائية حتى فى تلك الحقبة - لا يخول مع ذلك تقويم مقدرة الرياضى. ومثل الاتجاه الهندسى الذى أضاف وسائل من البرهان فى التحليل الديوفنطسى ، مرحلة حاسمة فى تشكيل التحليل الديوفنطسى، ولعب هنا دور العائق، فهو قاد البرهان إلى الفشل بوقفه ضمناً فى وجه صياغة أعم للبرهان نفسه، فحالة $n = 4$ ليس بالإمكان ردها بأى تفسير هندسى. كان ينبغى إذن أن يحتل الرياضى مكانه فى مجال الحساب حصراً كيما يموه صعوبات البرهان ويعمم الصياغة. وعمم بيار فرما وأويلر، بعد ذلك، الصياغة. لكن المسألة أثارت الرياضيين العرب. فالجبريون الحسابيون أمثال ابن الخيام فى القرن الثانى عشر الميلادى ، وشارحه الشهير الذى عاش فى القرن الثالث عشر، كمال الدين الفارسى، يذكran من دون برهان استحالة $z^4 = y^4 + x^4$.

غالباً ما يؤرخ اللجوء الأول إلى التحليل التوافيقى فى الجبر بالقرن الحادى عشر الميلادى. وينسب على وجه الدقة إلى عمر الخيام (١٠٤٨ - ١١٣١). وسبق أن قلنا إن ابن سينا كان الأب الروحى للخيام. وقد سبق أن أشرنا، فى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب، إلى أنه من المعروف أن ابن سينا قد توفى سنة ١٠٣٧ ميلادية وإلى أن ميلاد الخيام وقع قبل سنة ١٠٣٧ ميلادية. ولو كان الخيام قد أدرك ابن سينا وتلمذ عليه لكان قد أدرك ابن الهيثم، وهذا مما لا يقوله الخيام، أو لكان قد حرر كل ما كتبه وكل مقالاته الرياضية بعد تجاوزه ٣٠ سنة مما بقى بلا دليل.

وهكذا انتهى افتراض تلمذة الخيام على ابن سينا إلى نتائج متناقضة. ولكن إذا تذكر الباحث أن رسالة الخيام عن "الكون والتكليف" هى رد على سؤال سألته إياه - تلميذ ابن سينا - أبو نصر محمد بن إبراهيم النسوى ، عن حكمة الخالق فى خلق العالم بوجه خاص الإنسان وتكليف الناس بالعبادات، فإن رشدى راشد قدر تأويل كلمة "معلمى" التى قصد بها الخيام ابن سينا بالأستاذ الروحى، وإن لم يكن رآه تكريماً لمراسله -

أبو نصر محمد بن إبراهيم النسوي- الذى كان تلميذ ابن سينا. كان الخيام تلميذاً لبهمنيار، لا لابن سينا، ويفصله جيل عن ابن سينا. لكن الخيام - من الجهة الفلسفية - كان قريباً من ابن سينا ، ولم يكن من أصحاب الجمود الفكري. فكيف صاغ ابن سينا العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، صياغة متميزة ؟

حلل ابن سينا العلوم الرياضية فى موسوعة "الشفاء" على النحو الذى اعتادته الفلسفة الهلنستية الإسلامية منذ بدايتها، وكما تشهد على ذلك رسائل الكندي، وكتب الفارابى فى الرياضيات والجزء الخاص بالرياضيات فى موسوعة "إخوان الصفا". كانت العلوم الرياضية، عند الكندي، أربعة : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. واشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا المجموعة الرباعية. فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة فى مدرسة الاسكندرية التى عيّنت بالغ العناية بالرياضيات والتى نبغ فيها أقليدس صاحب "أصول الهندسة" وبطلميوس صاحب "المجسطي".

لكن لم يلتزم الخوارزمى فى تصنيفه القسمة الرباعية، ولا كذلك الفارابى الذى قسم العلوم الرياضية "سبعة أجزاء عظمى"، وهى العدد، والهندسة، وعلم المناظر، وعلم النجوم الرياضى، وعلم الموسيقى، وعلم الأثقال، وعلم الحيل^(٢٥) كذلك لم يلتزم الكندي فى ترتيبه للعلوم الرياضية ترتيباً واحداً. فهى تارة علم العدد والتأليف والهندسة والتنجيم، وتارة أخرى، العدد والهندسة والفلك والموسيقى. والترتيب الأول هو المأثور عن مدرسة الإسكندرية، وهو الترتيب الذى بقى حتى العصر الوسيط فى أوروبا اللاتينية، واستقر الترتيب فى العصور المتأخرة عند العرب فى قولهم : الحساب، الموسيقى، الهندسة، الفلك.

لكن على خلاف أسلافه أثر ابن سينا أن يضع الرياضيات فى موضع محدد من البناء الفلسفى العام. وهو الوضع الذى يختلف من جهة أخرى عن وضع إخوان الصفا للرياضيات فى موسوعتهم الفلسفية العامة. وقد أغفل مؤرخو الفلسفة والعلوم على السواء ذلك الجانب من جوانب عمل ابن سينا لسبب وجيه ألا وهو أن الفن الأول من الشفاء من جملة العلم الرياضى عن أصول الهندسة عبارة عن تلخيص لكتاب أقليدس، وأما الفن الثانى فى الرياضيات والذى يتعلق بالحساب فهو وإن كان متميزاً من جهة التأليف فهو يستلهم المدخل الحسابى لنقوماخوس الجرشي، وأما فى علم الهيئة والموسيقى، فهو يستلهم المدخل الحسابى لنقوماخوس الجرشي نفسه. فهو لا يبلغ فى جملة العلم الرياضى نتائج تميزه عن غيره من العلماء. هذا من الجهة العلمية.

لكن من الجهة الفلسفية، فمن غير المفهوم ألا يُعنى مؤرخ الفلسفة بوضع الرياضيات فى أول موسوعة فلسفية حقيقية، وإن صاغ ابن سينا فلسفته للرياضيات فى لغة تقليدية، كانت لغة أرسطو فى تصنيف العلوم، والتى قامت هى نفسها على نظريته فى الوجود المعروفة، وحدد ابن سينا تصوره لموضوعات الرياضيات

وفقاً لنظرية التجريد التقليدية. ونهض عده لعدد العلوم الرياضيات على العد اليوناني القديم. وبين ابن سينا نفسه الغرض من كتاب "الشفاء" أن يودعه لباب ما تحققه من الأصول في العلوم الفلسفية المنسوبة إلى "اليونان"، وجعل الترتيب في ذلك المقام "مقارناً للترتيب الذي تجرى عليه فلسفة المشائين".^(٢٦) ، أى أن الترتيب يجرى على فلسفة أرسطو.

فالمقصود هو العلم الرياضى بوصفه "العلم الأوسط"، وعلومه الثلاثة التى تمثل الفلسفة النظرية، وموضوعاتها تنقسم إلى الطبيعة، والرياضيات، والميتافيزيقا : "وأما الحكمة النظرية فأقسامها ثلاثة : حكمة تتعلق بما فى الحركة والتغير، وتسمى حكمة طبيعية؛ وحكمة تتعلق بما من شأنه أن يجرده ذهن عن التغير وإن كان وجوده مخالطاً للتغير ويسمى حكمة رياضية، وحكمة تتعلق بما وجوده مستغن عن مخالطة التغير فلا يخالطه أصلاً، وإن خالطه فبالعرض، لا أن ذاته مفتقرة فى تحقيق الوجود إليه، وهى الفلسفة الأولية؛ والفلسفة الإلهية جزء منها وهى معرفة الربوبية"^(٢٧) وهو الترتيب الذى يتبعه تحرير "الشفاء" لمادة العلوم وحركتها. يحتوى كتاب "الشفاء" على أربعة أقسام كبرى : المنطق، والطبيعيات، والرياضيات، والإلهيات، وكل قسم منها يسمى جملة وتحت كل جملة فن وتحت كل فن عدة مقالات، وتحت كل مقالة عدة فصول. وفى القسم الثالث من كتاب "الشفاء" الدائر على محور العلم الرياضى، أربعة فنون : الهندسة، والحساب، والموسيقى، الهيئة أو الفلك. وهو التقسيم الرباعى الغير المتميز. كانت العلوم الرياضية، عند الكندي، كما أسلفنا من قبل، أربعة علوم محددة : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. واشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا المجموعة الرباعية. فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة فى مدرسة الإسكندرية التى عنيّت بالغ العناية بالرياضيات والتى نبغ فيها أفليدس صاحب "أصول الهندسة" وبطلميوس صاحب "المجسطي". واشتملت الرياضيات فى تصنيف ابن خلدون على أربعة علوم "أولها : علم الهندسة، وهو النظر فى المقادير على الإطلاق. إما المنفصلة من حيث كونها معدودة؛ أو المتصلة، وهى إما ذو بعد واحد وهو الخط، أو ذو بعدين وهو السطح، أو ذو أبعاد ثلاثة وهو الجسم التعليمي. ينظر فى هذه المقادير وما يعرض لها، إما من حيث ذاتها، أو من حيث نسبة بعضها إلى بعض. وثانيها : علم الأرتماطيقى، وهو معرفة ما يعرض للكم المنفصل الذى هو العدد، (ويوجد) له من الخواص والعوارض اللاحقة. وثالثها : علم الموسيقى، وهو معرفة نسب الأصوات والنغم بعضها من بعض وتقديرها بالعدد، وثمرته معرفة تلاحين الغناء. ورابعها : علم الهيئة وهو تعيين الأشكال بالأفلاك، وحصر أوضاعها وتعددتها لكل كوكب من السيارة والثابتة، والقيام على معرفة ذلك من قبل الحركات السماوية المشاهدة الموجودة لكل واحد منها، ومن رجوعها واستقامتها وإقبالها وإدبارها." ^(٢٨)

وإذا نظرنا إلى ابن سينا من تلك الجهة الأرسطية الرباعية التقليدية في تصنيف العلوم الرياضية، فإن تميز ابن سينا في فلسفة الرياضيات لن يبين أبداً. أما إذا نظرنا إلى ابن سينا من جهة الحساب الهندي والجبر اللذين لم يكونا معروفين في مدرسة الإسكندرية، فإن تميز ابن سينا في فلسفة الرياضيات يبين على النحو الذي يؤسس لتعديل تصنيف أرسطو والتخطيط التقليدي الموروث والتصورات القديمة. من هنا مثل "الأرتماطيقي" متن الفن الثاني من فنون الرياضيات في كتاب "الشفاء". وفيه أربعة مقالات :

١- خواص العدد؛

٢- أحوال العدد من حيث إضافته إلى غيره؛

٣- أحوال العدد من حيث كيفية تأليفه من الوحدات؛

٤- المتواليات العشر.

ويقع الحساب الهندي والجبر عند ابن سينا ضمن أقسام الحساب "الفرعية". ولا يفسر ابن سينا مصطلح "الأقسام الفرعية" إنما اقتصر على عدها. لكن العلوم الحسابية لا تقتصر على الحساب الهندي والجبر. ويذكر ابن سينا "الحساب" من دون تحديد، والتحليل الديوفنطسي التام من جهة موضوعاته. من هنا تصبح العلوم ستة: نظرية الأعداد، الأرتماطيقي، الحساب الهندي، الجبر، الحساب والتحليل الديوفنطسي التام. وهي العلوم التي تتعلق جميعاً بدراسة الأعداد. وكان علماء العصر يميزون بين علم العدد والأرتماطيقي، بين الحساب الهلنستي والحساب العربي. وكان علم العدد يحيل إلى المقالات الحسابية في كتاب "الأصول" لأقليدس، وإلى أعمال ثابت بن قرة. أما الأرتماطيقي فهو يشير إلى التقليد الحسابي للفيثاغوريين الجدد، بمعنى نقوماخوس الجرشي في "المدخل" الذي ترجمه ثابت بن قرة تحت عنوان "المدخل إلى نظرية العدد".

وقد سبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الثاني من هذا الكتاب حول العلاقة بين ابن الهيثم ومبرهنة ويلسون، إلى حالة خاصة من حالات المبرهنة الصينية المعروفة. بعد أن أكد ابن الهيثم أن الموضوع يتعلق بمسألة تقبل عدداً لا نهائياً من الحلول في مجموعة الأعداد الطبيعية ، اقترح ابن الهيثم طريقتين للحل :

١- الطريقة النظامية وهي لا تنتج حلاً واحداً؛

٢- الحلول كافة.

إن الطريقة النظامية هي التي تعتمد مبرهنة ويلسون ونكافئ صياغتها الصياغة التالية :

إذا كان p عددًا أوليًا ، فإن المجموع $[2,3,...(P-1)+1]$ يقبل القسمة على p ، وإذا قسمنا هذا المجموع على أى من الأعداد $2.3...(P-1)$ فالباقي دائماً هو العدد 1 . من الواضح أن هذه المبرهنة تؤسس للحصول على حلٍّ لـ(1).

$$x = (p-1)! + 1 \quad (2)$$

أن القيمة السابقة لـ x تحقق المعادلة الأولى من النظام (I) ومن المبرهنة فإنها تحقق المعادلة الثانية من (I) قدم ابن الهيثم بعد ذلك طريقته الثانية القادرة على تقديم الحلول كافة وهى تعتمد صراحة على أفكار ثلاث، إثنان منها تعتبران مقدمات تقنية. افترض رشدى راشد $s = p + kp$. إن العدد $(p+k_p)$ يحقق المعادلة الثانية من (4) مهما كان k . بحث رشدى راشد إذن عن أصغر قيمة لـ k بحيث إن $(p+k_p)$ يحقق المعادلة الأولى من النظام.

إن طريقة عرض ابن الهيثم كما بدت فى بعض المواضع، كانت طريقة استقرائية تمامًا، فهو أضاف إلى $(p-1)$ العدد الضرورى من p حتى تتحقق المعادلة (5). ولم يفت ابن الهيثم أن هذه الطريقة الاستقرائية ليست ممكنة إلا إذا كان $(p,r) = 1$. وكان ابن الهيثم على معرفة بمبرهنة بوزو .

وحين وضع رشدى راشد $k=k_0+nr$ فى الحل العام كما وضع ابن الهيثم ، فإن هذا العدد يقابل الحل العام للمعادلة (6) الذى يعطى $h=k_0+np$ ، الأمر الذى دفع إلى التساؤل : هل كان القصد من الطريقة الاستقرائية لابن الهيثم محاولة حل مبرهنة بوزو؟ من بين الطريقتين اللتين اقترحهما ابن الهيثم لحل نظام التوافق تكفى الطريقة الثانية، لأنها هى التى تؤسس للحصول على الحل العام للمسألة. فلم يذكر العرب واللاتين إلا الطريقة الثانية. فإذا ما أصر ابن الهيثم على تقديم الطريقة الأولى فإنما عاد ذلك إلى أنه قصد مبرهنة ويلسون. وهكذا بدت مبرهنة ويلسون كنتيجة من نتائج البحث فى خواص الأعداد الأولية بهدف حل "المسألة الصينية". واطلع ابن الهيثم على إثبات بوزو وكان قادرًا على إثبات مبرهنة ويلسون. ولكن إن لم توجد فى تلك الحقبة النصوص التى تعرض لمبرهنة بوزو إلا من خلال السطور، فإن هناك مجموعتين من الحجج دفعنا رشدى راشد للتقصى عن هذا الموضوع.

صحيح أن البحث التاريخى فى أعمال تلك الحقبة فى نظرية الأعداد لا تزال مجتزأة ، لاسيما وأن الكثير منها مفقود حتى الآن بما فى ذلك أعمال ابن الهيثم نفسه. ودفع نقص المخطوطات مؤرخ العلوم للسعى وراء الافتراض. إلا أن دراسة المستوى الذى وصلت إليه نظرية الأعداد فى تلك الحقبة، ومسعى ابن الهيثم الذى وضع نفسه فى شروط مبرهنة بوزو، قد وضعا مسألة جهل رياضى القرن العاشر الميلادى بمبرهنة بوزو فى موضع إشكالي.

لم تكن مبرهنة بوزو معروفة عند الرياضيين الهنود وحسب بل ظهرت في حالات خاصة في نص يعتمد الرياضيات العربية. فإن الطريقة التي اتبعها ابن الهيثم لعرض مبرهنة ويلسون أكدت لرشدى راشد افتراض سعى ابن الهيثم وراء البراهين وإكثاره من التعليقات. ولكنه صاغ خاصية أساسية للأعداد الأولية. لم تظهر مبرهنة ويلسون للمرة الأولى في موضع واحد من أعمال ابن الهيثم، ولكنها تذكر فيه كقضية مألوفة. وعلى أساس من علم ابن الهيثم بمبرهنة بوزو، أمكن رشدى راشد إعادة بناء بحث ابن الهيثم. وهو التقليد الذي نشأ في القرن العاشر الميلادي نتيجة اللقاء بين تقليدين إثنين :

١- تقليد نظرية الأعداد كما وردت في كتب إقليدس؛

٢- التقليد الذي بلغ مداه في ترجمة المسائل العددية لديوفنطس.

يعرف مؤرخ العلوم من التقليد الأول - تقليد نظرية الأعداد كما وردت في كتب إقليدس- شروحات إقليدس كشروحات ابن الهيثم نفسه ونتائج ثابت بن قرة حول الأعداد الكاملة والأعداد المتحابّة. فإنها تؤول إلى تصور واحد للحساب : حساب الأعداد الصحيحة التي يمكن تمثيلها بقطع مستقيمة ، الأمر الذي لا يؤسس للبراهين ولا على طريقة إقليدس في كتاب "الأصول". فإن هذا المعيار في البرهان لم يشكل قيّدًا على طريقة البحث وحسب بل أظهر الفرق بين نوعين من الحساب :

١- حساب "الارتماطيقى" اليوناني. فإذا استقرت الأعداد وميزت ، وجد بالتمييز والاعتبار الخواص كلها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يسمى الارتماطيقى . ويتبين ذلك في كتاب "الارتماطيقى" لنيقوماخوس الجرشي؛

٢- حساب "علم العدد" العربي. وتتبع خواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، من المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس.

كان ظهور المسائل العددية لديوفنطس في القرن العاشر الميلادي بداية التحليل الديوفنطسى الجديد للأعداد الصحيحة والطريقة الإقليدية من دون القراءة الجبرية لديوفنطس. وصحيح أن مؤلفي التحليل الديوفنطسى الجديد، كالخجندى والخازن، تمثيلا لا حصراً، قد استعاروا من الجبر بعض طرق البرهان، إلا أنهم لم يفرقوا بين أعمالهم وأعمال الجبريين . فقاربوا بهذه الطريقة العديد من المسائل التي كان من أهمها نظرية ثلاثيات فيثاغوراس ومسألة الأعداد المتوافقة وتمثيل الأعداد الصحيحة كمجموع لمربعين عددين واستحالة المعادلة $x^3 + y^3 = z^3$ في مجموعة الأعداد الطبيعية، مما دفع الرياضيين فيما بعد إلى الاهتمام بنظرية التوافقات. ومع أن ابن الهيثم كان من أتباع التقليد الإقليدي في نظرية الأعداد فقد شرح كتب الحساب الخمسة لديوفنطس وألف

كتبًا في نظرية الأعداد وفي الحساب قارب فيها التحليل الديوفنطسي. واهتم ابن الهيثم بمسألة متميزة في التحليل الديوفنطسي الجديد ألا وهي مسألة المثلثات العددية قائمة الزاوية. فقد قامت مسألة التوافق الخطي ضمن التحليل الديوفنطسي الجديد كما قامت المبرهنة التي تحمل خطأ اسم ويلسون ضمن التحليل الديوفنطسي الجديد نفسه.

كان هناك إذن فرق منهجي بين قاعدتين عقليتين في ضبط الحساب في القرن العاشر الميلادي في الرياضيات المكتوبة في اللغة العربية :

١- حساب "الارتماطيقى" اليوناني. فإذا استقرت الأعداد وميزت ، وجد بالتمييز والاعتبار الخواص كلها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يسمى الارتماطيقى . ويتبين ذلك في كتاب "الارتماطيقى" لنيقوماخوس الجرشي؛

٢- حساب "علم العدد" العربي. وتتبع خواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس.

قد ورث ابن سينا هذا الفرق بين حساب "الارتماطيقى" اليوناني وبين حساب "علم العدد" العربي. قصد ابن سينا أن يصل بما قدمه من العلوم الرياضية العلم المعروف بالارتماطيقى وقد حدد كتاب "الأصول" لأقليدس أصولاً عدة في علم العدد، ومرجعية العلم المعروف بالارتماطيقى، لدى ابن سينا، على تلك "الأصول"، وقد نقل الأشكال الهندسية التي تتعلق بالضرب والقسمة وبأحوال النسبة إلى العدد، فقرر منها أحكام العلم المعروف بالارتماطيقى. من هنا فقد تلاقى ابن سينا وابن الهيثم في التأسيس للحساب بمعنى "علم العدد" العربي، حيث تتبع خواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، من المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس. وأثر ابن سينا الابتعاد عن التقليد الفيثاغوري. كان من عادة الفيثاغوريين في علم العدد أن يوردوا في موضع "أحوال العدد من حيث كيفية تأليفه من الوحدات" وفيما جرى مجراه كلاماً "خارجاً" عن علم العدد، أي كان من عادة الفيثاغوريين في علم العدد أن يوردوا في موضع "أحوال العدد من حيث كيفية تأليفه من الوحدات" وفيما جرى مجراه كلاماً "خارجاً" عن "عادة البراهين" وأشبه شيء بقول الخطباء والشعراء، فهجّر ابن سينا ذلك التقليد الفيثاغوري الغير البرهاني، واللغة التقليدية، وحل محلها لغة الجبر والمقابلة، لكي يعبر بها عن القوى المتوالية لعدد تام. ومن هنا فمصطلح المال، والكعب، ومال المال، التي كانت تشير إلى القوى المتوالية للمجهول، استخدمها الفلاسفة لتسمية قوى العدد التام. واستعاد مبرهنة ثابت بن قرة عن الأعداد المتحابية من دون برهانها إنما استعادها بأسلوب اقليديسي تام. وسبق أن أشرنا إلى نشأة التقليد الحسابي في القرن العاشر الميلادي نتيجة اللقاء بين تقليدين اثنين :

١- تقليد نظرية الأعداد كما وردت في كتب إقليدس عن "الأصول"؛

٢- التقليد الذي وصل إلى مداه بعد ترجمة المسائل العددية لديوفنطس.

يعرف مؤرخ العلوم من التقليد الأول - تقليد نظرية الأعداد كما وردت في كتب إقليدس - شروحات إقليدس كشروحات ابن الهيثم نفسه ونتائج ثابت بن قرة حول الأعداد الكاملة والأعداد المتحابّة. فإنها تؤول إلى تصور واحد للحساب : حساب الأعداد الصحيحة التي يمكن تمثيلها بقطع مستقيمة ، الأمر الذي لا يؤسس للبراهين ولا على طريقة إقليدس في كتاب "الأصول". فإن هذا المعيار في البرهان لم يشكل قيّدًا على طريقة البحث وحسب بل اظهر الفرق بين نوعين من الحساب. وكان ظهور كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس في القرن العاشر الميلادي بداية التحليل الديوفنطسي الجديد للأعداد الصحيحة والطريقة الإقليدية من دون القراءة الجبرية لديوفنطس. صحيح أن مؤلفي التحليل الديوفنطسي الجديد، كالخجندی والخازن، تمثيلا لا حصراً، قد استعاروا من الجبر بعض طرق البرهان. إلا أنهم لم يفرقوا بين أعمالهم وأعمال الجبريين . فقاربوا بهذه الطريقة العديد من المسائل التي كان من أهمها نظرية ثلاثيات فيثاغورس ومسألة الأعداد المتوافقة وتمثيل الأعداد الصحيحة كمجموع لمربعين عددين واستحالة المعادلة $x^3 + y^3 = z^3$ في مجموعة الأعداد الطبيعية، مما دفع الرياضيين فيما بعد إلى الاهتمام بنظرية التوافقات. ومع أن ابن الهيثم كان من أتباع التقليد الإقليدي في نظرية الأعداد، فقد شرح كتب الحساب الخمسة لديوفنطس، وألف كتباً في نظرية الأعداد وفي الحساب قارب فيها التحليل الديوفنطسي.

وفي الجزء المنطقي من موسوعة "الشفاء" وفي سياق الكلام على "البرهان"، ضرب ابن سينا مثلاً بالحالة الخاصة من فرضية بيار فرما، والتي كان مؤلفو التحليل الديوفنطسي الجديد، كالخجندی والخازن، تمثيلا لا حصراً، قد قاربوها. وفي الجزء المنطقي من كتاب "الشفاء" وفي سياق الكلام على "البرهان"، تكلم ابن سينا عن الحساب بوصفه علماً يشمل العلوم غير النظرية الأقليلية في الأعداد والارتماطقي. يشمل الحساب العلوم التي تتناول الأعداد النسبية المنطقة، والأعداد الصماء الجبرية. فهذا ما قاله في علم الارتماطقي، وقد ترك حالات معينة اعتبر ذكرها في موضع علم الارتماطقي خارجة عن قانون علم الارتماطقي، وقد أبقى من "علم الحساب" ما غناه في الاستعمال والاستخراج، وهويمائل البحث في علم الجبر والمقابلة والجمع والتفريق الهندي وما جرى مجراها في ذلك الوقت من تطور العلوم الرياضية المكتوبة في اللغة العربية.

بدا إذن ابن سينا وأسلافه ومعاصروه وكأنهم يحددون دراستهم في نطاق الأعداد الطبيعية (ط). وهي الأعداد ١، ٢، ٣، ... وهي الأعداد الصحيحة الموجبة. أما في حال البحث في الأعداد النسبية المنطقة، وهي أعداد بالإمكان كتابتها بالشكل $\frac{a}{b}$ حيث a ، b عدنان صحيحان، $b \neq 0$ - صفراً، فلم يكن بالإمكان الاستناد

إلى الجبر والحساب الهندي. إذن يشمل الحساب مجموع العلوم الحسابية التي تنهض على أساس الجبر والحساب الهندي. فالجبر والحساب الهندي هما الأداة التطبيقية للحساب الذي يختلف عن نظرية الأعداد القديمة. لكن هذين العلمين في تصنيف ابن سينا يقعان ضمن ما سماه "الأقسام الفرعية".

لكن لتحديد تميز ابن سينا عن التصنيفات القديمة، اليونانية والهلنستية، ولتحديد تميز ابن سينا عن تصنيفاته الأخرى النظرية، قارن رشدی راشد بين تصنيفه وبين تصنيف الفارابي. فما سماه ابن سينا باسم "الأقسام الفرعية"، سماه الفارابي باسم العلوم التطبيقية، الإجرائية، المنهجية، التقنية، وضرب مثلاً بعلم الجبر وما جرى مجراه من العلوم الرياضية المشتركة بين الحساب والهندسة. ويدرس الجبر الكميات الهندسية والأعداد النسبية المنطقة، والأعداد الصماء، الجبرية على السواء. من هنا لعبت "الأقسام الفرعية" دوراً متميزاً في تعيين مجال للبحث الغير الأرسطي ضمن خيار موسوعي أرسطي عام.

لكن تصور الشيء الجبري المشترك بين الحساب والهندسة، أدى إلى توليد تصور متميز للوجود لم يكن بالإمكان أن ينشأ في بحث أرسطو. الشيء معلوم، قال سيبويه : الشيء مذكر وهو يقع على كل ما أخبر عنه. لذلك فهو اسم لما يصح أن يعلم أو يحكم عليه أو يخبر عنه. والظاهر انه مصدر بمعنى اسم المفعول من شاء، أى الأمر المشي، أو المراد الذي يتعلق به القصد. صارت المعدودات، لدى إخوان الصفا، هي الأشياء نفسها. وأورد السجاوندى أن أصحاب الجبر يسمون ٩ مالا و ٣ شيئاً إن كان مجهولاً. ومدار الجبر، لدى ابن البناء المراكشي في "تلخيص أعمال الحساب"، على ثلاثة أنواع : العدد، والأشياء، والأموال، والمال ما يجتمع من ضرب الشيء في الشيء. ومبنى الجبر والمقابلة لدى القصادي، في "كشف الأسرار عن علم حروف الغبار"، على ثلاثة أجناس، وهي الأعداد والأشياء والأموال والكعوب، وبعض الجبريين يخص الشيء بالجذر المجهول من دون المعلوم، فيكون أخص من لفظ الجذر.

ونقل لفظ شيء نقلاً حرفياً في ما سمي في الغرب بالعصور الوسطى اللاتينية، في شكل *xei*، وينطق بها على النسق الاسباني، ثم اختزل هذا اللفظ، وصار حرف *X* رمزاً للمجهول، وبالإمكان عقد المقارنة بين هذا اللفظ وبين الاستعمال اللاتيني *RES*، أى شيء، الذي استخدم في ما سمي في الغرب باسم "المجهول"، كما أورد روزيل، في كتابه عن "تاريخ الرياضيات" (١٩٢٧)، وكما علق ميخائيل ستيفل في كتابه "*Arithmetica integne*" (١٥٤٤) على كتاب الجبر *Die Coss (1525)* للعالم الألماني كريستوف رودولف *Christoff's Rudolffs (1500-1545)*. فكلية *Die Coss* هي دخيلة في اللغة الألمانية، وهي قادمة من اللغة الإيطالية *Cosa* ومن اللغة اللاتينية *RES*، كما أسلفنا، ومن اللغة العربية "الشيء"، وأصبحت كلمة *Die Coss* اسماً يدل على رمز أ كتبدل لحرف *r* للإشارة إلى الجذر التربيعي.

كان الشيء لدى الخوارزمي، هو الجذر، وصار، لدى الفارابي، أعم من الموجود، بحيث صار "المستحيل" مجهولاً، جذراً، شيئاً، وإن لم يكن موجوداً. فالشيء أعم من أن يكون بالفعل أو بالإمكان، فيشمل الواجب والإمكان والممتنع (تاج العروس).

وقد تواصل ذلك الاتجاه لدى الكَرَجِي (المتوفى في بداية القرن الحادى عشر الميلادي) الذى عمم الجبر ووسع تصور العدد. فقد صاغ النظرية الوحيدة، من بعد الخوارزمى وابن الفتح وأبى كامل، فى الحساب الجبرى عند العرب. كانت غاية الكَرَجِي هو "البحث عن سبل لتحقيق استقلالية وخصوصية الجبر كى يصبح بمقدوره، بشكل خاص، الاستغناء عن التمثيل الهندسى للعمليات الجبرية، فالقضية تتعلق فى الواقع ببداية جديدة للجبر وذلك بتطبيق منهجى لعمليات الحساب على $[0, \alpha]$ حَسْبُة الجبر هذه تستند إلى جبر الخوارزمى المطور من قبل أبى كامل وكثيرين غيره، بالإضافة الى كتاب المسائل العددية لديوفنطس المشروح والمطور من قبل الرياضيين العرب أمثال أبى الوفاء البوزجاني. بالاختصار، فإن اكتشاف وقراءة مؤلف ديوفنطس فى ضوء التصورات والوسائط الجبرية الخاصة بالخوارزمى وغيره من الجبريين العرب مكنت من انطلاقة جديدة فى الجبر مع الكَرَجِي كاتب أول عرض جبرى فى كثيرات الحدود. كانت غاية الكَرَجِي إذن توسيع الحساب الجبرى. وأكمل الكَرَجِي مشروع تطبيق العمليات الحسابية على المفردات والعبارات الصماء. تلك كانت المسألة التى طرحها الكَرَجِي وقد استعملها السموأل. أفضى هذا المشروع إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. لقد تناول الجبريون الحسابيون البنية الجبرية لمجموعة الأعداد الحقيقية R وإن لم يحاولوا بناء مجال الأعداد الحقيقية. لكن التقدم أصاب مجالاً جبرياً آخر، جدده فيما بعد، الخيام وشرف الدين الطوسى.

وضمن تراث هذا الجبر، استطاع الكَرَجِي والسموأل أن يوسعا عمليتهما الجبرية لتطول الكميات الصماء. وكانت نتيجة هذا المشروع هو التفسير الجديد للمقالة العاشرة من كتاب "الأصول" الذى وضعه أفليدس (٢٨٣ق.م). حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد، ذلك الكتاب الذى اقتصر على الهندسة فى نظر أغلب علماء الرياضيات بعامة، والكَرَجِي وابن الهيثم بخاصة. فى إطار تقليد الكَرَجِي صارت تصورات المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" جزءاً من علم الجبر.

صارت مهمة الجبر المتميزة، حسب الكَرَجِي، هى استخراج المجهولات من المقدمات المعلومة. فغرض الجبر فى بحث الكَرَجِي هو تبين كيفية استخراج الكميات المجهولة بواسطة الكميات المعلومة من طريق تحويل المعادلات المعروضة. فالقضية تحليلية. من هنا نهض التوسيع للحساب الجبرى المجرد ونهض أيضاً اقتران الجبر بعد الكَرَجِي بالتحليل ومقابلته بطريقة ما بالهندسة محققاً بذلك استقلاليته الذاتية من جهة، هناك

العمليات الضرورية لإرجاع مسألة معينة الى شكل معادلة، أوالى أحد النماذج المرجعية التى قعدها الخوارزمي، ومن جهة أخرى هنالك عمليات ضرورية لصياغة حلول متميزة، أى هنالك عمليات ضرورية لصياغة القوانين. وتوصل الكرجي، للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات المكتوبة فى اللغة العربية، إلى صياغة طريقة عامة فى حال المعاملات الموجبة فقط. وكانت هذه الطريقة أساس حل السموأل لمسألة كثيرة الحدود ذات المعاملات النسبية وغيرها من المسائل العديدة.

وذهب الفيلسوف والفلكى البيرونى "أبو الريحان محمد بن احمد" (٣٦٢-٤٤٠هـ) مذهباً أبعد منهم جميعاً فى تعميم الجبر وتوسيع نظرية الأعداد، فى البحث فى النسبة التى بين القطر وبين الدور فى كتاب "القانون المسعودي" (ج ١)، وصارت نسبة محيط الدائرة للقطر كنسبة عدده الى عدده، وإن كانت "صماً" (٢٩). وقد صار المجهول المسمى تارة بالجذر أو الشيء، لدى ابن سينا، لا يقتصر على المعنى الأفلاطوني-الآرسطى القديم بل انطوى على معنى وجودى متميز فى أفق التجديد الرياضى المتميز فى اللغة العربية فى العصر الكلاسيكي.

- (١) رشدی راشد، الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد ١، البصريات وعلم الضوء للكندي، ليدن، أ.ج. بريل، ١٩٩٦ (فى اللغة الفرنسية)؛ الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ.ج. بريل، ١٩٩٨، فى اللغة الفرنسية؛ من قسطنطينية إلى بغداد، أنتيمس التالى والكندي، أعمال مؤتمر من بيزنطة إلى الإسلام، ليون، ١٩٩٠، دمشق، ١٩٩٢، ص ١٦٥-١٧٠؛ شرح الكندي على أرشميدس، قياس الدائرة، العلوم العربية والفلسفة، ج٣، ١٩٩٣، ص ٧-٥٣. فى اللغة الفرنسية. "الكندي، حول الوهم القمري"، جولييه ومادك وأوبريان (تحرير)، الباحثون عن الحكمة، فى ذكرى جون بيان، سلسلة الدراسات الأغسطينية، سلسلة العصر القديم، ١٣١، باريس، معهد الدراسات الأغسطينية، ١٩٩٢، ص ٥٣٣-٥٥٩. فى اللغة الفرنسية. "الكندي"، تأليف مشترك، الموسوعة الإسلامية، ليدن، ١٩٧٩، ص ١٢٣-١٢٦. فى اللغة الفرنسية ؛ شرح الكندي على مناظر أقليدس، رسالة مجهولة، العلوم العربية والفلسفة، ٧٤١، ١٩٩٧، ص ٩-٥٧. فى اللغة الفرنسية. وأنظر فيما يتعلق بالكندى بوجه عام، الفهرست ٢٥٥، ٣٥٧-٣٦٥، أخبار الحكماء، ٢٤٠، عيون الأنباء، ١، ٢٠٦-٢١٤، طبقات الأطباء والحكماء، ٧٣، طبقات الأمم ٨٠-٨٣، لسان الميزان ٦، ٣٠٥-٣٠٧، قدرى طوقان، تراث العرب العلمي، ص ٩١، فلييب طرازى، خزائن الكتب العربية، ١، ٥٦ و٢، ٧٦٢، محمد لطفى جمعة، تاريخ فلاسفة الإسلام، ص ١-١٢، محمد عبد الهادى ابوريدة، رسائل الكندي الفلسفية، كوركيس عواد، خزائن الكتب القديمة، ١٩٨، سامى الكيلاني، أسلوب الكندي، مجلة المجمع العلمى العربى، دمشق، ج١، مج ٣٨، ١٩٦٣ ؛د. عبد الرحمن بدوى (تحقيق وتقديم)، "رسائل فلسفية للكندى والفارابى وابن باجه وابن عدي"، بيروت-لبنان، دار الأندلس، ط٣، ١٩٨٣، ص ١-٥٠؛ أحمد فؤاد الأهواني، الكندي، فيلسوف العرب، القاهرة، سلسلة أعلام العرب، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، من دون تاريخ؛ محمد مبارك، الكندي، فيلسوف العقل، القاهرة، سلسلة كتاب الجماهير، وزارة الاعلام، مديرية الثقافة العامة، ١٩٧١؛ مصطفى عبد الرازق، فيلسوف العرب والمعلم الثاني؛ د. عمر محمد التومى الشيباني، "مقدمة فى الفلسفة الإسلامية"، الدار العربية للكتاب، ط٣ مزيده، ١٩٨٢، مفهوم الفلسفة عند الكندي، ص ٧١-٧٣. ت. ج. دى بور، تاريخ الفلسفة فى الإسلام، نقله إلى العربية وعلق عليه محمد عبد الهادى أبوريدة، الدار التونسية للنشر، المؤسسة الوطنية للكتاب، الجزائر، من دون تاريخ، الرياضيات عند الكندي، ص ١٩١-١٩٣؛ الكندي، كتاب الجواهر الخمسة، ترجمه عن اللاتينية محمد عبد الهادى أبوريدة، القاهرة، دار الفكر العربى، ١٩٥٣؛ د. عاطف العراقي، مذاهب فلاسفة المشرق، القاهرة، دار المعارف، ط١٠، ١٩٩٢؛ د. عاطف العراقي، تجديد فى المذاهب الفلسفية والكلامية، القاهرة، دار المعارف، ط ٦، ١٩٩٣، الكندى ومشكلة السببية، ص ٨٥-٩٦؛ د. فيصل بدير عون، الفلسفة الإسلامية فى المشرق، القاهرة، دار الثقافة، ١٩٨٢، ص ١٣٨-١٥٢؛ د. عبد الأمير الأسعر (دراسة وتحقيق)، "المصطلح الفلسفى عند العرب"، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٩، ص ١٨٧-٢٠١.
- (٢) ابن عبد ربه الأندلسي، كتاب "العقد الفريد" على بحث الكندى فى الفلسفة الأولى، تحقيق محمد سعيد العريان، القاهرة، ١، ص ٢٠٥-٢٠٦.
- (٣) أبو سليمان السجستاني، "منتخب صوان الحكمة ورسائل أخرى"، تحقيق عبد الرحمن بدوي، طهران، ١٩٧٤، ص ٢٧٣.
- (٤) الكندي، "يعقوب بن اسحق، رسائل الكندى الفلسفية"، القاهرة، ١٩٥٠، ج١، ص ١٠٢، وأنظر العبارة المماثلة فى ص ١٠٣ من المرجع نفسه.
- (٥) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ.ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٩.
- (٦) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ.ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٩.

- [illegible]

(٢٣) رشدی راشد، الرياضيات والفلسفة عند ابن سینا، فی الكتاب الجماعی : "دراسات حول ابن سینا"، إشراف ج. جولفييه ورشدی راشد، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الاداب الرفیعة، ١٩٨٤ ، ص ٢٩-٣٩، فی اللغة الفرنسية؛ د. رشدی راشد، التوافيكية والميتافيزيقا، ابن سینا والطوسي والحلي، نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدی راشد وجوال ببيار (تحرير)، لوفان، دار بيترس للنشر، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٦ . الترجمة الألمانية فی رودجر ثيله (تحرير)، الرياضيات، فی الذکری السبعين لميلاد ماتياس شرام، برلين، ديهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤؛ د. رشدی راشد، التوافيكية السبعين لميلاد ماتياس شرام، برلين، ديهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤؛ د. رشدی راشد، التوافيكية السبعين لميلاد ماتياس شرام، برلين، ديهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤. أنظر فيما يتعلق باين سینا : د. عاطف العراقي، تجديد فی المذاهب الفلسفية والكلامية، القاهرة، دار المعارف، ط ٦، ١٩٩٣، ابن سینا وعلل الموجودات، ص ٩٧-١٢٢.؛ ابن سینا، التعليقات، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، ليبيا، مركز النشر، مكتب الإعلام الإسلامي، ١٩٧٢ ؛ نسيم مجلي، ابن سینا القرن العشرين، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٨؛ د. عبد الأمير الأعسر، المصطلح الفلسفي عند العرب، دراسة وتحقيق، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٩، ص ٢٢٩-٢٦٣؛ ابن سینا، الشفاء، الفن الأول من جملة العلم الرياضي، أصول الهندسة، مراجعة د. إبراهيم بيومي مذكور، تحقيق د. عبد الحميد صبره وعبد الحميد لطفى مظهر، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٧٦؛ الفن الثاني فی الرياضيات، الحساب، مراجعة وتقديم د. إبراهيم بيومي مذكور، تحقيق عبد الحميد لطفى مظهر، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٧٥؛ ٤- علم الهيئة، مراجعة وتصدير د. إبراهيم بيومي مذكور، تحقيق د. محمد رضا مدور ود. إمام إبراهيم أحمد، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٠؛ "الإشارات والتنبيهات"، مع شرح نصير الدين الطوسي، تحقيق د. سليمان دنيا، القسم الأول، القاهرة، دار المعارف بمصر، ١٩٦٠؛ عيون الحكمة، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم، بيروت-لبنان، ط٢، ١٩٨٠؛ البرهان، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٦٦ .

(٢٤) هذه الترجمة السينوية (ابن سینا) مقتبسة من كتاب "عيون الأباء فی طبقات الأطباء"، لابن أبي أصيبعة الجزء الثاني ، ص٢ وما بعدها ، الطبعة الأولى بالمطبعة الوهبية طبع سنة ١٢٩٩هـ، ١٨٨٢م، الموجود بمكتبة الأزهر تحت رقم ٤٠٠٧ خصوصية ٥٢٩٨٦ عمومية قسم التاريخ، نقلا عن ابن سینا، "الإشارات والتنبيهات"، مع شرح نصير الدين الطوسي، وتحقيق د. سليمان دنيا، القسم الأول، دار المعارف بمصر، ١٩٦٠، ص ١٢٥-١٤٥ . ابن سینا : يوسف اليان سركيس، "معجم المطبوعات العربية والمعربة"، وهوشامل لأسماء الكتب المطبوعة فی الأقطار الشرقية والغربية، مع ذكر أسماء مؤلفيها ولمعة من ترجمتهم وذلك من يوم ظهور الطباعة إلى نهاية ١٩١٩ ميلادية، مطبعة سركيس بمصر، ١٩٢٨م، ص ١٢٧-١٣٢؛ "أخبار الحكماء"، ص ٢٦٨؛ "عيون الأنباء" ج٢، ص٢؛ ابن خلكان، ج١، ١٩٠، "تاريخ مختصر الدول"، لابن العبري، ص ٥٥ : تحمل ابن سینا والفارابي علم أرسطو "على الوجه المقصود"، ١٨٧-١٨٩، ٢٤٠؛ "تاج التراجم" لابن قطلوينا، ١٩، أبو الفدا، ج٢، ١٦١، عبد القادر بن عمر البغدادي، "خزانة الأدب"، لب لباب لسان العرب، ٤، ٤٦٦؛ "روضات الجنات"، ص ٢٤١ .

(٢٥) الفارابي، إحصاء العلوم، حققه وقدم له وعلق عليه د. عثمان أمين، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ط٣، ١٩٦٨، ص ٥٣.

(٢٦) ابن سینا، "الشفاء"، "الطبيعيات"، ١، "السماع الطبيعي"، تصدير ومراجعة إبراهيم مذكور، تحقيق سعيد زايد، بمناسبة الذکری الألفية للشيخ الرئيس، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٣، ص ٣

(٢٧) ابن سینا، "عيون الحكمة"، ط٢، حققه وقدم له عبد الرحمن بدوي، الكويت، وكالة المطبوعات، ١٩٨٠، ص ١٧.

(٢٨) (ابن خلدون، المقدمة، ج١، الدار التونسية للنشر، ١٩٨٤، ص ٦٠١-٦٠٢ .

٢٩) البيروني، محمد بن أحمد أبو الريحان الخوارزمي (٤٣٩-٥٣٦٣ هـ / ١٠٤٨-٩٧٣م)؛ معجم الأديباء، ٦، ٣٠٨؛
عيون الأنبياء، ٢، ٢٠؛ بغية الوعاة، ٢٠؛ روضات الجنات، ١، ٦٨، ٤، ١٧٩؛ ابن العبري، ٤٣٢. بحث
مارتن هيدجر عن تصور "الشيء" في أغلب أعماله، نذكر منها، مايلي :

Ding wird in Sein und Zeit im hergebrachten Sinne von Vorhandenes gebraucht; der spatere Wortgebrauch ist aus den folgenden Hinweisen auf die späteren Werke zu entnehmen.
M. Heidegger, Sein und Zeit, Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1993, s. 67 (l. 36-40), s. 68 (l. 1-20), s. 74 (l. 5-13), s. 81 (l. 4-14), s. 83 (l. 27-34), s. 99 (l. 12-25), s. 100 (l. 7-14), s. 130 (l. 7-9), s. 369 (l. 12-22) Platons Lehre von der Wahrheit (1947), Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1975, s. 29; Holzwege (1950), Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1980, s. 1-56; Vorträge und Aufsätze (1954), Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1986, s. 145-156, s. 158-175; Aus der Erfahrung des Denkens (1954), Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1986, s. 17; Unterwegs zur Sprache (1959), Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1986, s. 20-32, s. 164-172, s. 187-188, s. 208, s. 216, s. 221, s. 229, s. 232-233, s. 236-238; Gelassenheit (1959), Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1988, s. 40, s. 52-56, s. 58, s. 64. Die Frage nach dem Ding (1962) Max Niemeyer Verlag Tübingen, 3, 1987.

الباب الرابع

ترييض العلوم الاجتماعية

"ليس المنهج أمراً يقبل العزل العشوائي، لمقتضيات حل مسألة معينة، إنما الحذر يقضى بتجريد المسألة من قشرتها العرضية، الواقعة في حالة خاصة، كما يقضى بتدقيق الشروط الضرورية والكافية لتطبيق المنهج... ولن تكون هناك رياضيات دقيقة إلا إذا حددنا، من خلال الإجراءات نفسها، مجال الموضوعات التي تطابقها."

جون كافياس

"ألم يئن الأوان لكى يجتنب المؤرخ اللجوء إلى المعجزات فى كتابة التاريخ - كالمعجزة اليونانية عند السواد الأعظم، أو كالمعجزة العربية عند سارطون حديثاً؟ ألم يئن الأوان لكتابة التاريخ من دون اللجوء إلى البدايات الكاذبة التى تدعو إلى صناعتها دواع قومية تكاد لا تخفى."

رشدى راشد

خطورة التبسيط في العلوم الاجتماعية

سبق أن بينا في الباب الأول من هذا الكتاب برهان رشدي راشد أن الطريق، في تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمي ليست طريقاً مباشرة ولا طريقاً قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمي فهي ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العلم يستخدم في بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير الرياضي والتاريخي والفلسفي المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية-تاريخية-فلسفية أخرى. لكن عندما نبحث عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، سرعان ما نتوصل إلى هذه القناعة بأنه ينبغي طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة المسائل.

رسم رشدي راشد، كما بينا في الباب الأول، خطة للبحث. تتوافر فيها عناصر الطريقة الحديثة وتتوافر فيه شرائطه. ولكن يصح لنا أن نتساءل ما هي الأدلة على أن رشدي راشد قد طبق هذه الخطة في بحوثه وسلك سبيلها عملاً وفعلاً؟ فإن وضع الخطط شيء وتنفيذها شيء آخر. وقد عرضنا في الباب الثاني من هذا الكتاب تاريخ رشدي راشد، إذن، في حقل العلوم وفلسفتها في الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر. وقد أدت هذه البحوث والدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول الرياضيات العربية كما صاغها المثقفون العرب والغربيون على حد سواء. وليس من شك في أن الفيثاغوريين قد صاغوا الرياضيات صياغة علمية، أي أنهم أسسوا علماً رياضياً نظرياً. كان ذلك تجديدهم الأساس في تاريخ العلوم. فقد حولوا الهندسة إلى تعليم حر يفحص المبادئ ويكتشف النظريات من طريق ذهني خالص لا يبالى بالتجربة. لكنهم لم يجيبوا على الأسئلة كلها التي كانت موضع البحث العلمي. من بين القضايا التي توصل رشدي راشد إليها، الكشف عن حقول علمية جديدة تمام الجدة وخاصة في المجالات المجهولة من الرياضيات العربية.

أما الوجهة الفلسفية فهي كانت محور الباب الثالث : الفلسفة كما صاغها الرياضيون العرب لا كما صاغها الفلاسفة الخالص. في ذلك الباب الثالث عن فلسفة الرياضيات العربية، تناولت بالتحليل والنقد رؤية رشدي

راشد الفلسفية إلى الرياضيات والنظر الرياضى للفلسفة فى آن واحد. فهو باب عرض للتاريخ الفكرى للأفكار الرياضية العربية، وبوجه خاص طرق البرهان فى الرياضيات، وأساس المعرفة الرياضية، واليقين الرياضى.

والباب الحالى إنما هو عرض لقضية تربيض العلوم الاجتماعية. فقد كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى تربيض العلوم الاجتماعية أو ما سمي باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. وقد كشف رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية نفسها عن التطبيقات المتبادلة بين علوم الرياضيات كافة. يستخرج الجبر بالمعادلة، تمثيلاً لا حصراً، يعنى أن الجبر يستخرج بمعادلة تلك القوى بعضها ببعض، على ما هو معروف من قبل الخيام، تمثيلاً لا حصراً، فى علم الجبر والمقابلة. وإذا استعمل الجبرى مال المال فى المساحات فإن ذلك على سبيل تطبيق الجبر فى الهندسة إذ من المحال أن يكون فى المقادير مال المال، والذى يقع فى المقادير هو البعد الواحد وهو الجذر أو الضلع إذا أضيف إلى مربعة، ثم البعدان وهو السطح، والمال فى المقادير هو السطح المربع، ثم الثلاثة الأبعاد وهو الجسم، والكعب فى المقادير هو الجسم الذى يحيط به ستة مربعات، وإذا لا بعد آخر فلا يقع فيها مال المال فضلاً عما فوقه، وإذا قيل مال المال فى المقادير فإنما يقال ذلك لعدد أجزائها عند المساحة لا لذواتها ممسوحة، وبينهما فرق : فمال المال لا يقع فى المقادير لا بالذات ولا بالعرض، كما أورد أرسطو فى كتابه "المقولات" (٦، ١٥، السطر ٤٠) الفرق بين الذات والعرض، وليس كالزوج والفرد فإنهما يقعان فيها بالعرض بحسب العدد الذى ينفصل به اتصالها.

ويعود الانتباه الأصلى إلى تربيض العلوم الاجتماعية كعقائد لاشكلية، فى إطار عمل رشدى راشد-كما سنشير إلى ذلك فى سياق الكلام على "الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، نلاحظ أن مشكلة السَّمطقة اللامتناهية *unlimited semiosis*، أى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تنطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكر فى وضع العلوم الاجتماعية غير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *interpretant* - هى العلامة الرياضية. ومن دون هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدلالية، يعجز الدارس عن استعمال الصور والمجاز، من جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *théorie confisquée*، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى : كيف بالإمكان تربيض العلوم الاجتماعية لكى تصبح علوما بالمعنى الصحيح للمصطلح والكلمة والفكرة؟ كيف بالإمكان تربيض دراسة الأخلاق أو دراسة الفضائل أو الرذائل؟^(١)

إن العلوم الاجتماعية المعاصرة هي أشبه بمبادئ أو آراء دينية، فلسفية، فقهية، وتنسب إلى أحد المفكرين أو إحدى المدارس. وهي علوم نقلية-تعليمية. ومن خصائص المذهب التعليمي أن تكون مبادئه وحقائقه متصلة بالعمل، لا أن تكون مجرد حقائق نظرية، ولذلك قيل إن الفرق بين العلم والمذهب التعليمي أن العلم يشاهد ويفسر، والمذهب التعليمي يحكم ويأمر ويطبق. ومذهب التعليم عند العرب مذهب الباطنية الذين يدعون أنهم أصحاب التعليم، والمخصوصون بالاقتباس من الإمام المعصوم. تشبه العلوم الاجتماعية إذن العقائد أو الأقوال الدينية أو الفلسفية التي توجه الإنسان وتفسر له حياته وسلوكه كعقيدة أفلاطون الفلسفية أو عقيدة تناسخ الأرواح عند أو فيديوس أو العقيدة السياسية لحزب من الأحزاب أو العقيدة الطبية في مجال الطب أو العقيدة الدينية. بعبارة أخرى، تشبه العلوم الاجتماعية المذاهب أو الطرق أو المعتقدات التي يعتنقها المرء اعتناقاً تاماً. هذا هو المعنى الأول لمصطلح "العقيدة غير الشكلية". وقد سبق أن بحث الأسقف توماس بيز في "عقيدة" الحظوظ في القرن الثامن عشر في *An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances* أو "محاولة نحو حل مسألة نظرية الحظوظ" (١٧٦٣).

أما المعنى الثاني فهو تكرار نظرية علمية قائمة في مجال آخر، مثل الفيزياء الأرسطية، وانتقال الاستاتيكا الأرشميدية إلى الديناميكا القديمة، أو انتقال ميكانيكا نيوتن إلى مجالات متنوعة في القرن الثامن عشر، أو عقيدة العقد في القرن الثامن عشر، أو العقيدة الداروينية الاجتماعية الحديثة. السؤال المنهجي الأساس الذي يدور حوله تكرار منهج معين في مجال مغاير لنطاق المنهج الأصلي هو سؤال التكرار الذي كان قد طرحه سيجموند فرويد في كتابه ما بعد مبدأ اللذة كما سبق أن أثاره سورن كيركجورد في الخوف والرعدة على مستوى الخبرة الدينية، وجيل دولوز في الاختلاف والتكرار، وجاك ديريدا في "الاختلاف والتكرار". التكرار، عند سيجموند فرويد، هو مبدأ ما بعد اللذة أو مبدأ فقد اللذة. ذلك هو الحصاد المنهجي الأساس الذي ينتج عن تكرار منهج معين في مجال مغاير لنطاق المنهج الأصلي : فقد الموضوع المغاير. فهل علم الرياضيات هو العلم المتبوع وعلم الاجتماع والاقتصاد والنفس هي العلوم التابعة؟ ذلك هو السؤال المنهجي المحوري. وهو سؤال يحتاج إلى تفصيل وتدقيق في هذا الباب. ينبع مشروع رشدي راشد، كما أسلفنا، من ثنائية التكرار والاختلاف التي عمت الثقافة الغربية في ربع القرن الأخير وحلت محل ثنائية المتماهي والسلب، الهوية والتناقض. لا يتضمن الاختلاف البعد السلبى ولا يصل إلى حد التناقض، إلا إذا أخضعنا الاختلاف للهوية. فأولية الهوية مقرونة ب أولية عالم التمثيل. مع أن الفكر الغربى الحديث نشأ عن انهيار التمثيل وعن فقد الهويات وعن الكشف عن أغلب القوى الفاعلة تحت تمثيل المتماهي. فالعالم الغربى الحديث إنما هو عالم الصورة، الظاهر، أنه عالم "خيال الظل"، إن جاز التعبير.

أساس إعادة رشدى راشد الرياضيات إلى العلوم الاجتماعية : أساس عربى من جهة، وأساس غربى معاصر، من جهة أخرى. ويكرر رشدى راشد إذن الرياضيات فى العلوم الاجتماعية. وبحث فى ما يعترض هذا التكرار من مشكلات تقنية ومعرفية. وهذا ما سماه باسم ترييض العقائد اللاشكالية.

نهضت عقيدة جون جاك روسو فى العقد^(٢)، تمثيلا لا حصرا- على المد الكلامى للخبرة الواقعية إنما تتجاوز المعرفة المشتركة إلى البحث عن التوسط الساذج بين المعطيات (أطر التمثيل العام للظاهرة أو صياغة العلاقة -المتعالية، نسبيا- بين التصورات) والاتساق.

من هنا ميز رشدى راشد بين نوعين من أنواع الترييض. هناك طريقتان أساسيتان لتكرار علم الرياضيات فى ميادين العلوم الإنسانية والاجتماعية المختلفة ألا وهما : إحلال مباشر وتام *directe et complète* للعلاقات الرياضية محل تصورات العلم المنقولة إليه، من جهة، والعلم الوسيط أو اللجوء إلى علم ثالث *tierce-discipline* لاستعماله كعلم وسيط، إن جاز التعبير، تسيطر عليه الرياضيات، من جهة ثانية. والمطابقات القياسية بين العلمين الأوليين هى وسيلة ترييض اللاشكلى. واللجوء إلى علم ثالث *tierce-discipline* يمثل طبقة خاصة من طبقات الترحيل التى تولدها الرغبة فى إقامة تركيب أفضل بين الرياضيات وبين التمثيل النظرى للظاهرة. حاول الفيلسوف إقامة تركيب أفضل بين الهندسة وبين التمثيل الفلسفى للظاهرة، وعلم المناظر، والميكانيكا، والاجتماع، إنما هى علوم، بالمعنى الأول، إحلال مباشر وتام *directe et complète* للعلاقات الرياضية محل تصورات العلم المنقولة إليه، أى أنها رياضية أو علم محض أو منطق. أما فى المعنى الثانى، العلم الوسيط أو اللجوء إلى علم ثالث *tierce-discipline* لاستعماله كعلم وسيط، إن جاز التعبير، تسيطر عليه الرياضيات، فقد كان علم الحركة، تمثيلا لا حصرا، العلم الوسيط فى المناظر، منذ بطليموس وابن الهيثم بالذات، وكانت الاستاتيكا، فى القرن السادس عشر بعامة، وعند ترتليا بخاصة، العلم الوسيط فى علم الحركة القديم. وإذا كان علم المناظر والميكانيكا قد لجأ إلى علوم وسيطة لكى يصبحان علمين رياضيين، فإن الأمر أصعب بكثير فى ميدان العلوم الاجتماعية التى لجأت إلى علم الاحتمال منذ القرن الثامن عشر كعلم وسيط أو إلى علم ثالث *tierce-discipline* لاستعماله كعلم وسيط، إن جاز التعبير، تسيطر عليه الرياضيات. وذلك بسبب التباس علم الاحتمال نفسه. فهو إما عقيدة الحظ، وحساب الحظ، وإما عقيدة القرار، أو نظرية الاحتمال *aléatoire*^(٣) أو حساب الاحتمال.

٤-١- أنواع الاحتمال

لا يفصل العلماء عادة بين أنواع. إذ نراهم يتكلمون عن تصور واحد للاحتمال يطبقونه فى قطعة نقود معدنية م. ويقولون إن : " نوع الاحتمال الذى نعنيه، هو الذى يحقق لنظرية الاحتمال، يتم تحقيقها بكلا

المفهومين. ومن ثم نجد أن هذه الملاحظة، لم توضح مسألة نموذج الاحتمال الذى يعنونه بدقة. من هنا فإن معظم المؤلفات التى تتناول موضوع الاحتمال لا تفرق بين مختلف أنواع الاحتمال، ومع ذلك، هناك أنواع عدة مختلفة بشكل أساسى للاحتمال، ولا بد من التفريق بينها بدقة. لذلك لا بد من إعادة بناء شكلى لتصوير الاحتمال، وذلك وفقا للفرضيات المتميزة ومقاييس توافق التصور الحديث والمقارنة بينه وبين التصور القديم، والحكم طبقا لسياقات واضحة حتى إذا تشابهت التصورات واللحظات والتحليلات.

يعنى المحتمل، لغةً، الممكن الوقوع، والاحتمال ما لا يكون تصور طرفيه كافيا، بل يتردد الذهن فى النسبة بينهما، ويراد به الإمكان الذهني، كما عبر الجرجاني.

ويطلق المحتمل على رأى الذى تقبله بغير برهان، لظنك أنه أقرب إلى الحقيقة من الرأى المضاد له. وللمحتمل درجات متفاوتة الصدق، فعلى قدر ما يكون الأمر أكثر احتمالا، يكون التصديق به أرجح، وعلى قدر ما يكون أبعد عن الحقيقة يكون احتمال التصديق به أقل. والاحتمال أنواع عدة :

١- الاحتمال الذهني ؛

٢- الاحتمال الرياضى؛

٣- الاحتمال الإحصائى؛

٤- الاحتمال المنطقي.

وأما الاحتمال المنطقي - طبقا لجون ماينرد كينز *John Maynard Keynes*، تمثيلا لا حصرا، فهو عبارة عن علاقة منطقية بين قضيتين. ولم يحاول جون ماينرد كينز تعريف هذه العلاقة. بل نراه يذهب أبعد من ذلك بقوله إنه لا يمكن حتى وضع صياغة لتعريفه. ولكنه يصر على أنه بالحدس وحده يمكننا فهم معنى الاحتمال. وذكر أنه عندما نصوغ قضية احتمالية، فإننا لا نصوغ قضية عن العالم، بل إننا نصوغ علاقة منطقية بين قضيتين. وكان يشك بوجه عام فى الاحتمال العددي. وقد وافق على أن ذلك يمكن أن يتحقق فى حالات خاصة، مثل رمى زهر، الذى ينطبق عليه مبدأ اللامبالاة. فالزهر متناسق الأجزاء، وجوهره متشابهة، وليس هناك ما يدعونا إلى الشك فى أنه مشحون بشيء ما، وهكذا ونفس الشيء ينطبق على ألعاب الحظ الأخرى، التى تنظم بعناية لحدوث تماثل فيزيائي، أو على الأقل، تماثل من جهة معارفنا، وجهلنا، فعجلات الروليت مصنوعة بحيث تكون القطاعات الدائرية متساوية. فالعجلة موزونة بعناية لمنع أى انحراف يمكن أن

بسبب توقف الكرة على عدد دون آخر. وإذا ضرب شخص ما عملة معدنية بأظافره فلن يكون هناك ما يدعونا إلى توقع ظهور وجه دون آخر. ويذهب كينز في الاحتمال المنطقي مذهبا مزدوجا :

١- جزء من اعتقادنا عقلي وجزء آخر غير عقلي. فإذا ما اعتقد رجل بشيء ما بعيد عن الصواب أو غير معقول على الإطلاق، فإن ما اعتقد به يصبح حقيقيا لأسباب مجهولة بالنسبة لنا، ولا يمكنه القول أن ما اعتقده كان عقليا، بالرغم من ما اعتقد به هو صادق في الحقيقة؛

٢- يمكن لشخص ما أن يعتقد عقليا في جملة محتملة، وتكون كاذبة في الحقيقة، فالتمييز بين الاعتقاد العقلي والاعتقاد المجرد ليس هو نفسه التمييز بين الاعتقادات الصادقة والاعتقادات الكاذبة. والدرجة الأعلى للاعتقاد العقلي، والذي يقال عنها اعتقاد مؤكد، هي درجة مطابقات المعرفة.

والشكل الثاني المهم في نشأة الاحتمال المنطقي الحديث كان على يد هارولد جيفرز - *Harold Jeffreys* الجغرافي الطبيعي الإنجليزي. نشرت جامعة اكسفورد عام ١٩٣٩ نظريته في الاحتمال لأول مرة، وفيها يدافع عن تصور غير عددي للاحتمال. عندما نشر كينز كتابه (الذي ظهر عام ١٩٢١ ومن المحتمل أن يكون كتبه عام ١٩٢٠) ظهرت أيضا الطبقات الأولى لنظريات ميزس ورايشنباخ في الاحتمال. قرر هارولد جيفرز أن النظرية التكرارية خاطئة، وأكد وجهة نظر جون ماينرد كينز التي يقرر فيها الابتعاد عن النظرية التكرارية والأخذ بالعلاقة المنطقية. اعتقد أن القيم العددية يمكن تحديدها احتماليا في عدد كبير من المواقف، وبصفة خاصة في كل المواقف التي يطبقها الإحصاء الرياضي. وأراد أن يحل المشكلات نفسها التي وضعها ر.أ. فيشر، لكن من منظور مبدأ اللامبالاة للاحتمال.

المسلمة التي يذكرها جيفرز تقول : " تحدد العدد الأكبر في المعطيات المتاحة للقضية التي يكون احتمالها أكبر " ولذلك فالأعداد المساوية للقضايا المحتملة بالمثل ". يقرر الجزء داخل الأقواس بوضوح أنه إذا كانت ن، هـ متساويتين في درجة الاحتمال طبقا لقاعدة البداهة *on the basis of evidence* "، إذن فالأعداد المتساوية تحدد القيمة الاحتمالية لـ ن، هـ على أساس برهان " و " لا تخبرنا القضية بشيء عن الحالات التي نلاحظ بها ن، هـ متساوية في الاحتمال مع و. ولم يذكر جون ماينرد كينز في أي مكان من كتابه قضية تشير إلى تلك الحالات. وأخيرا، لكي يقيم مبرهنات للقوانين العلمية، نراه يشرح هذه المسلمة بطريقة غاية في العجب. إذن فلا بد أن تكون الاحتمالات متساوية ". وبكلمات أخرى. إذا لم نحز على شواهد مرضية لاعتبار نظرية ما صادقة أو كاذبة، إذن علينا أن نحسب احتمال صدق هذه النظرية بنسبة ١ / ٢. فإذا كان ولا بد من استخدام مبدأ اللامبالاة، فينبغي توافر التماثل في الموقف، مثل تساوى أوجه الزهر، أو تساوى القطاعات الدائرية لعجلة الروليت، ذلك الأمر الذي يمكننا من القول أن هناك حالات معينة متساوية الاحتمال. وفي

غياب مثل هذه التماثلات في الموضوعات الفيزيائية أو المنطقية لموقف ما، فلا يسوغ لنا على الإطلاق أن نفترض احتمالات متساوية، لأننا لا نعرف أى شئ عن العلاقة التقديرية للظواهر المتناظرة .

وأما الاحتمال الذهني فهو توقع الذهن حدوث أمر، وإن كان حدوثه غير يقيني. مثال ذلك إذا كان المستقبل ينطوى على الكثير من الوقائع الممكنة، وكان بعض هذه الحوادث أقرب إلى الوقوع من بعض، بحيث يكون وقوع أكثر احتمالا من وقوع ب، ووقوع ب أكثر احتمالا من وقوع ج، فإنه من الواجب على العاقل أن يجعل سلوكه موافقا لاحتمال وقوع هذه الوقائع، وإذا لم يفعل ذلك، أخطأ.

وأما الاحتمال الرياضي -وهو موضوع بحث رشدي راشد الأساس- فهو احتمال قبلي فهو نسبة عدد المرات التي يمكن أن يقع فيها الحادث إلى المجموع الكلي لعدد المرات. فإذا ما قذفنا بقطعة نقود في الهواء، فإن احتمال سقوطها إلى الأرض بحيث تكون الصورة إلى أعلى هو ١ / ٢. الاحتمال الرياضي، إذن، هو القيمة التي يتم تحديدها بدقة للدلالة على فرص وقوع الواقعة. واحتمال وقوع الواقعة في حساب الاحتمالات يعبر عنه العدد الذي يقع بين الصفر والواحد الصحيح، فالصفر يشير إلى أن ذلك الحادث لا يحتمل وقوعه البتة، والواحد الصحيح يشير إلى تأكيد *CONFIRMATION* وقوعه.

وأما الاحتمال الإحصائي البعدي فهو عبارة عن النسبة بين عدد المرات التي تقع فيها الحادثة وقوعا فعلياً، وبين المجموع الكلي لعدد المرات التي يمكن وقوعها، ويقتضى هذا أن يكون هنالك عدد كبير من الحالات الممكنة، وأن يحصى عدد حالات الوقوع بالقياس إلى المجموع، فإذا تم هذا الإحصاء، أمكن التعبير عنه بنسبة رياضية، مثل ب/ ج، كالنسبة المئوية للوفيات، فهي الأساس الذي تبنى عليه شركات التأمين حساباتها.

٤-٢- التعليل والاحتمال

والاحتمالية مذهب الاحتمال، وهو وسط بين مذهب الشك ومذهب اليقين، وخلاصته أن العقل البشري يقدر أن يبلغ الاحتمال لا اليقين، النسبي لا المطلق. أما العلة فكانت بحثاً عن المطلق في العلم. كان العلم، عند اليونان، هو البحث عن علة الوقائع. لكن التعليل مصطلح ملتبس الدلالة. فهو

١- إما تعليل التصورات والعبارات : تعليل دلالي؛

٢- إما عرض العلل التي تؤسس للحكم؛

٣- إما الصياغة المعقدة لبنية نظرية تحل فيها بعض التعميمات الصادقة بعض المواقع الحاسمة؛

٤- إما تشخيص على -العلة- لوقائع أو حالات أو وقائع خاصة. وهو تحليل العوامل السابقة التي قد تكون مسؤولة عن وقوع الواقعة.

٤-٢-١- التعليل القديم

لم يكن هدف العلم اليوناني القديم البحث عن القوانين التي تضبط الظواهر. وكان هدف أرسطو أن يبحث عن علل الظواهر الفيزيائية، لأن العالم ثابت، ومنظم، وفي العالم السفلي، تقع المصادفة في موقعها الصحيح، لكنها تقع من دون تدقيق. ويربط أرسطو منذ البداية بين المصادفة والضرورة. ولا يفكر في تخصيص الوقائع، بسبب عمومية مقاربتة للعلم. فأيا كانت المقدمات، وسواء أكانت العلة شكلية أم مادية، كان أرسطو يستخلص النتيجة بالضرورة. كان الاستدلال عبارة عن حساب. وفي الاستدلال تحتل العلة الموقع الوسط، أي موضع الحد الأوسط. ففي متن التحليلات الثانية، تمثيلاً لا حصراً، يستخلص أرسطو ثلاثة استدلالات من أربعة علل. والعلة هي العلة الأولى *PROTE* التي تختص بالشيء. ولا بد من التفريق بينها وبين العلة الأولى/ المطلقة كما ميزها علم الوجود (٤).

قام العلم اليوناني على الجواب على سؤال العلة. حاول أرسطو أن يعلل الحركة، ديناميكياً، من خلال عملية تحقيقها. والحركات الطبيعية إما سرعتها مناسبة للمحرك الذي ينتجها ويحافظ عليها، وبالنسبة للأجسام التي تهبط، المحرك ثقيل، والسرعة تناسب عكسيا المسافة المقطوعة. وأما الحركات العنيفة فهي تتمثل في الصدمة العكسية الممتازة.

وعلى السؤال : مما ينتج الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة المادية للشيء. وعلى السؤال : ما الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة الشكلية للشيء. وعلى السؤال : كيف أنتج الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة الفعالة للشيء. وعلى السؤال : ما غاية إنتاج الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة الغائية للشيء. معرفة شيء ما، هي، إذن، معرفة علته، معرفة الجواب على سؤال لماذا؟ فالعلة هي المبدأ. من هنا لم يبحث أرسطو عن القوانين التي تربط بين حالة معينة للشيء وحالة أخرى. لم يبحث عن الرابطة الثابتة بين الظواهر. كان أرسطو يرد الشيء لعلته (٥).

في ضوء ذلك المعنى للعلم، كانت المصادفة في العلم اليوناني ظاهرة واقعية. أما بالنسبة للمحدثين، فإن المصادفة صارت علامة من علامات الجهل، ونقصان العلم، وحدا من حدود العلم. أما عند أرسطو فقد كانت المصادفة العرضية تضبط العلاقات بين الأجسام في العالم السفلي. وكانت المصادفة العرضية لا تقبل التنبؤ *IMPREVISIBLE*. وأشار مصطلح *TO AUTOMATON* إلى التلقائية، وغيبة الغائية تماماً. وتتعلق

العرضية بالكائنات الواعية، أى بالبشر. ويتكلم أرسطو على الكائنات التى لا تريد. هناك إذن جزء كبير من اللاتحديد، اللاتعيين كانت المصادفة فى العلم اليونانى ظاهرة واقعية. أما بالنسبة للمحدثين، فإن المصادفة صارت علامة من علامات الجهل، ونقصان العلم، وحدا من حدود العلم. أما عند أرسطو فقد كانت المصادفة العرضية تضبط العلاقات بين الأجسام فى العالم السفلي. أما عند أرسطو فقد كانت المصادفة العرضية لا تقبل التنبؤ *IMPREVISIBLE*. وأشار مصطلح *TO AUTOMATON* إلى التلقائية، وغياب الغائية غيابا جوهريا. وأشار مصطلح *TO AUTOMATON* إلى التلقائية، حين أشار إلى الكائنات الواعية : البشر. تكلم أرسطو عن كائنات لا تريد. هناك إذن جزء كبير من اللاتحديد، واللاتعيين *INDETERMINATION* فى الواقع والحقيقة والتصور العلمي.

من هنا فإن أخلاق نيقوماخوس، عند أرسطو، اعتبرت الفضائل كميات، لأنها تحددت بخاصية التساوى واللاتساوى، وذلك لأن كل الفضائل توسطات أو حدود وسطي. وإذن فإن كل الانفعالات ترد إلى حقيقة قابلة للصياغة الكمية، إذ ليست الفضائل إلا حدا أوسطا بين المتساوى أو اللامتساوى، أو الزيادة والنقصان اللذين يتصف بهما متكامل الانفعالات والأفعال، أعنى مادة الحياة الخلقية. بذلك يصبح السلوك الخلقى تسوية للامتساوى. وهى عملية يؤدي فيها العقل العملى دور "التنظير". وذلك ما يؤسس للمقاومة بين الاستدلال العملى والتحليل الرياضي. ولم تكمن مسألة الترييض عند أرسطو فى التعبير الكمي عن الظواهر إنما كمنت فى قصده لجعلها معلومة. وخير مثال لهذا الترييض فى ميدان العلوم الإنسانية هو محاولة التعبير الرياضى عن عدالة التوزيع، والعدل التعويضي، وعدل التبادل. فى عدالة التوزيع، تمثل أطراف النسبة قيم الأشخاص والأموال، وهى كلها قيم تقبل التساوى واللاتساوى، وهى شرط تحديدها كموضوع معلوم ومصوغ صياغة رياضية. وبعد قبول هذه الخصائص، يطبق أرسطو على عدالة التوزيع، كل عمليات نظرية النسب. ويجد العدل التعويضي صياغته فى النسبة العددية. ويعبر أرسطو عن عدل التبادل هندسيا بشكل يسميه التزاج القطري. "إن هذا الترييض الأرسطي، بالمقارنة مع التعبير الرياضى الحالى، يمتاز بالسذاجة وعدم الدقة، ولكن الفضل يرجع إليه فى كونه يمثل ميزتى كل تعبير رياضى : التحديد الكمي والتحديد الصورى للظاهرة المدروسة." (٦) .

٤-٢-٢- التعليل الحديث

تم استخدام كلمة " احتمال " نفسها إذن بمدلولات مختلفة عدة كما أن حساب الاحتمال ارتبط بتصوير معين للعلم لم يكن واردا عند الأوائل اليونان. غير أن غيبة مثل هذا الفرق يعد مصدرا لاضطراب شديد فى المؤلفات التى تتناول فلسفة العلم، كما فى مناقشات العلماء أنفسهم. وإذا كان صحيحا أن العلم الحديث ليس

وصفا لعلاقتي التوالي والتلازم بين الظواهر أو بين المظاهر المختلفة للوقائع التي تقع في ظروف وشروط معينة، فإن النظرية العلمية الحديثة ليست تعليلا، ليست صورة من الواقع، إنما هي تنسيق بين ضوابط ظاهرية أو بين القوانين التجريبية. والضرورة الحديثة لم تعد ضرورية تماما إنما صارت تشير كلية القوانين إلى الكلية الواقعية. لم يعد العلم يشير إلى التعليل إنما صار يشير إلى "نوع معين من أنواع الحقيقة". لم يعد العلم تعليلا إنما صار نوعا من الجواب على أسئلة أخرى. صار لا بد من تعليل التعليل، إذا جاز التعبير. لم يعد التعليل هو أساس العلم. وصار القانون العلمى يثير مشكلة التأكيد *CONFIRMATION*.

كان التعليل هو وضع الواقعة الخاصة في إطار الوقائع العامة أو القانون. من دون قانون لم يكن التعليل ممكنا. وأصبح الآن من الضروري تعليل المبادئ العامة، والقانون، والتحليل والتركيب. هل العيار هو التناقض مع الخبرة أم هو التوافق معها؟ لم يعد هناك نسق ولم تعد النظريات تقبل النقاش إنما صار الهدف هو الكشف عن المشكلات المحددة وتجاوزها باستمرار إلى غير نهاية وعلى نحو غير محدد سلفا. إنها أطروحة قابلية الكمال إلى النهاية. في ضوء ذلك صار الاحتمال دراسة توافيقية للوقائع، كما درسه بيار فرما. لكن التحليل التوافيقي لم يكن التحليلي الوحيد للاحتمال.

والتعليل كلمة ملتبسة تمام الالتباس. وتطورت العلاقة بين إنتاج المدلول والتعليل من جهة، وبين التعليل والفهم من جهة أخرى. ومن الناحية التاريخية، تعددت مدلولات الهرمنيوطيقا بوصفها نظرية في التعليل تعدد المدلول المنهجي (التفسير المنهجي) والنقدى (التفسير النقدي) والأنطولوجي (التفسير الوجودي) والنفسي (التفسير النفسي). وليس من شك في أن رشدى راشد يقتصر على البعدين المنهجي والنقدى في تحليل التعليل الشرطي وحساب الاحتمال.

٤-٢-٣- التعليل الجبري

العلم، كما رأينا بالتفصيل فيما قبل من أبواب وفصول، من حيث التجربة والتطبيق، لم يولد في القرن السابع عشر. وإذا نظرنا إلى من صاغوا العلم في القرن السابع عشر الميلادي، ندرك أنهم لم يعبئوا بتعليل الوقائع وأنهم استندوا إلى تجارب لم يقوموا بها قط كما في تجربة برج بيزا بإيطاليا وأنهم لم يجربوا أشياء صارت فيما بعد خبرات قاطعة وأن تجاربهم وخبراتهم كانت ذهنية وحسب.

كان رنيه ديكارت، في القرن السابع عشر، يطمح إلى صوغ علم محض وكان، تبعا لذلك، يرفض الخبرة حين كانت تتعارض مع الميتافيزيقا بل كان يستقى تركيبية العالم من فكرة الله الفطرية فينا^(٧). هناك إذن طريقتان :

٢- البرهان البعدي : الخبرة وحدها تبرهن على أن هذه العلة أو تلك تتوافق أم لا مع هذا الواقع أو ذاك : البرهان العلي^(٨).

كان نموذج التعليل عند رنيه ديكارت هو علم الجبر. وفي كتابه عن " القواعد لهداية الروح"^(٩) تخضع للنموذج العام في التعليل. وينقسم مجال المعرفة إلى "قضايا بسيطة"، من جهة، وإلى "مسائل"، من جهة أخرى. فرق رنيه ديكارت بين المسائل المفهومة تماما، وبين المسائل غير المفهومة تماما. والمسائل تكون مفهومة تماما حتى إذا كان حلها مجهولا. ولم يكن هذا التفريق لدى ديكارت ثمرة المصادفة. فهدف التفريق هو أن لا يفترض معرفة اللاحق إنما هدفه هو توجيهنا باتجاه التطبيقات. وتنقسم المسائل المفهومة تماما إلى ثلاثة عناصر : ١- تخصيص المجهول موضع البحث. وهو أساس معنى البحث. وهو من عمل الفيزيائي. والفيزياء أيسر من الرياضيات. لكن الفيزياء رياضية من جهة جوهرها؛ تحديد علامات المجهول بوصفها أساس التركيب الاستنباطي بين هذه الخبرات (١) وبين المبادئ القبلية؛ كيفية البرهان على التبعية المتبادلة بين المجهول وعنصر الحل : المعلوم بوصفه أساس البحث عن المجهول. من هنا تبدو خطة البحث جبرية. والمسائل النوعية هذه أغلبها مجرد، ولا محل لها إلا في الحساب والهندسة^(١٠). مع ذلك طرح رنيه ديكارت مسألة تطبيق الرياضيات. فالمسائل الخاصة التي تتعلق بالتعليل الفيزيائي تتلخص فيما يلي : كيف بالإمكان إقامة تعليل تجريبي وقبلي في آن ؟ ما نوع الحقيقة الذي نستخلصه من التعليلات الفيزيائية، وفقا للفروض الوسيطة؟ فالنقاوت بين عموم المبادئ القبلية وبين التنوع الظاهري الواضح يجعل التركيب أو التعليل، في الفيزياء، مستحيلا، إلا إذا عدنا إلى بعض الفروض أو النماذج الإجرائية المكتملة، التي وإن وافقت القواعد والمبادئ، تبقى نوعا من الفروض أو الافتراضات، ولا تصل إلى مرتبة الحقائق القبلية. الفروض الوسيطة أو الافتراضات^(١١) التي كان اسحق نيوتن ينتقدها في كتابه عن "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية"، من منطلق أن الخطأ في الفيزياء يقوم على استخدام تلك الفروض، ولذلك لا بد أن يتم التعليل في الفيزياء بالأسلوب الرياضي وحده. ويقوم العلم التام على معرفة المعلومات من خلال عللها^(١٢). والتعليل الصحيح هو ذلك التعليل الذي نتخيل فيه العلل وهي تنتج المعلومات المشابهة للمعلومات المشاهدة^(١٣). فالعلية الحديثة هي الخطة التصورية أو الصياغة النظرية لتصوير معين، ولا تحيل إلى أي من الجواهر المعينة، كما كان عند أرسطو. وقد تكون فروض الفيزياء زائفة. والعلل المتخيلة على ذلك النحو-الفروض الوسيطة- ليست العلل الحقيقية. مع ذلك فالفروض الوسيطة ليست فروضا وصفية. وعلل معلومات الأجسام الطبيعية أصغر، بوجه عام، من أن ندرها إدراكا حسيا. ولا تقوم الفروض على علل مرئية للعين المجردة.

٤-٣- تربيض الفيزياء

لم تكن الخبرة التي استند إليها جاليليو سوى خبرة خيالية، فكرية، كما عبر مآخ. وأعاد جاليليو صياغة الفيزياء رياضياً، حيث لعبت الرياضيات دوراً تكوينياً، لا يقتصر على مجرد الوصف، بل يتوافق مع موضوع البحث الفيزيائي نفسه. ومعيار بساطة الطبيعة هو المعياري الذي يوحد بين خبرات الفكر والرياضيات، وبين الطبيعة والعقل البشري. من هنا فالتعليل عند جاليليو يقوم على الترابط العقلي-الرياضي البسيط.

لم يعد جاليليو يحيل إلى تكوين الأجسام، وعاد لا يلجأ إلى مصطلح "الجسم الثقيل"، واستقل بدراسة الحركة. أما أرسطو فقد كان يرى في الحركة تحقيقاً لجوهر أو لشكل، لذلك فقد كانت الحركة مقترنة عنده بتصوير معين للوجود (ONTOLOGIE). كانت الحركة تغيراً أو فعلاً لكائن قائم بالقوة بوصفه قائماً بالقوة لا بالفعل. أما جاليليو فقد فرق بين تصور الحركة وتصوير الوجود، وتصوير اتصال نمو السرعة، من دون القطع قطعاً مطلقاً بين الحركة والسكون. في حين كان أرسطو يفصل بين الفعل والقوة فصلاً تاماً. ويشبه التعريف اليوناني القديم للسرعة التعريف الحديث للسرعة المتوسطة : المسافة المقطوعة كزمن مستغرق. وأما جاليليو فقد عرف السرعة طبقاً للنسبة التالية : : نمو المسافة المقطوعة ض زمن متاح لتحقيق هذا النمو. والاكتشاف الحديث هو أن الحركة تدل عليها لا السرعة المتوسطة إنما تغير السرعة المتوسطة في الزمن. وبعد تربيض تصور السرعة استخلص الفيزيائي تصور التسارع بوجه تلقائي. من هنا فقد عرف جاليليو الحركة وفقاً للسرعة. من هنا صارت الحركة حالة قد تحافظ على نفسها إلى غير نهاية. بعبارة أخرى، كانت الحركة عند أرسطو عملية وصارت عند جاليليو حالة متحررة من الوظيفة الوجودية الأرسطية القديمة :

السرعة في الزمان

$$V = E / T :$$

E هي المسافة المقطوعة

$$V_m = (e_2 - e_1) / (t_2 - t_1) : \text{السرعة المتوسطة}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta e / \Delta t : \text{السرعة الآنية} \quad v_2 \text{ حيث } \Delta t \rightarrow 0 \text{ حيث } \Delta e / \Delta t$$

ولم يكن جاليليو يملك حساب التفاضل لكي يعبر عن عمل V_2 بل كان يملك الهندسة أى نظرية التناسبات، V_2 هو الموضوع شبه الفيزيائي الذى يقبل درجات الكثافة، V_2 هى كمية الكثافة. وفرق علماء أكسفورد وباريس الحركات على النحو التالى:

١-الحركة الموحدة ؛

٢-الحركة غير المنتظمة؛

٣-الحركة غير الموحدة.

ودراسة تحول السرعة فى الزمان عند جاليليو أدى إلى التفريق بين الحركة والسرعة، والسرعة بوصفها دالة متصلة للزمان. وأسس جاليليو لعلم الحركة فى الأزمنة كلها وبشكل مستقل عن القوي، أما دراسة القوى فهو موضوع الديناميكا. أما تصور أرسطو الأساس فهو تصور التغير، والحركة تمثل نوعا خاصا من أنواع التغير، والحركة الموضعية هى الرابطة بين المحرك والمتحرك.

١- تعريف الحركة الموحدة من خلال $V(t)$ دالة جبرية تمثل تحولات سرعة V تبعا للزمن t ، وحيث t هى لحظات متنوعة، و V قيم السرعة المختلفة :

٢- سرعة الحركة المتوسطة لا تتغير فى أثناء الزمن، وبالتالي فهى تحتفظ بقيمة عددية ثابتة V_0

٣- المسافة التى يقطعها محرك بين لحظتين منفصلتين بفترة من الوقت :

$$t = v_0 (t_1 t_2)$$

هى إذن تعدل عدديا مساحة، ووفقا للتعريف، عند جاليليو، تتساوى المسافات المقطوعة فى أثناء الفترات الزمنية t مساواة ما، فيما بينها.

٤- حالة الحركة غير الموحدة ؛

٥- حالة الحركة الموحدة بسرعة معينة .

ويتوافق، كما أسلفنا من قبل، التعريف القديم للسرعة مع التعريف الحديث للسرعة المتوسطة : المسافة المقطوعة / زمان السير. أما جاليليو فالعلاقة عنده على النحو التالى:

نمو المسافة المقطوعة / زمان ضرورى لتحقيق النمو. والكشف هو أن الحركة لا تشير إليها السرعة المتوسطة إنما التحول لهذه السرعة في أثناء الزمان. وبعد تريبض تصور السرعة، يصبح تريبض تصور التسارع ممكنا.

٤-٤- الشك في التعليل

والخلفية التاريخية في الشك الحديث عن التعليل هو ديفيد هيوم *D. HUME*، الذى بين أنه ليس هناك رابطة بين الحدثين أ وب بحيث يشتق ب من أ بالضرورة. هذه الرابطة الضرورية غير ممكنة لأن المعلول قد لا يتبع العلة، ولأن حدثا معزولا لا يكون بحكم عزلته علة ولا معلولا. كان ديفيد هيوم هو الأصل في تعليل التشخيص العلى. يقوم التشخيص العلى على الربط بين الواقعة موضع الفحص، بوقائع أخرى، بواسطة مبادئ عامة نستخلصها من الخبرة، وإن كانت لا تقبل البرهان من طريق الخبرة. وقد رفض هيوم الرابطة "الضرورية" بين الوقائع والحالات والحوادث. وليس بإمكان الاستقراء أن يصل بين الحالات التى تسجلها الخبرة والملاحظة وبين الحالات التى تتوقعها. وليس بالإمكان تعليل واقعة معينة تعليلًا ضروريا بالاستناد إلى العلاقة بين الوقائع. فحجة ديفيد هيوم في الشك هي خلفية الاستدلال الاستقرائي. وهى الحجة التى تقول بأنه ليست هناك واقعة ما بالإمكان تعليلها بواقعة أخرى. لا تشتق واقعة ما اشتقاقًا ضروريا من واقعة أخرى. تختلف الواقعة عن العلة من جهة تجاورهما في المكان والزمان، وحين تسبق العلة الواقعة، وحين يثبت الاتحاد بينهما. فهذا الاتحاد هو أساس العلاقة بينهما. أما مبدأ أن العلة نفسها تعلل الواقعة نفسها والعكس بالعكس، فإنه مبدأ نستخلصه من الخبرة لا من العقل وحده، وهو نبع أغلب قياساتنا العقلية. وإذا أنتجت موضوعات مختلفة الواقعة نفسها، فإن ذلك لا بد أن يستند إلى صفة نجد أنها مشتركة. والفرق بين وقائع موضوعين متشابهين لا بد أن ينبع من محتوى اختلافهما نفسه. وحين يصعد موضوع من الموضوعات أو يهبط مع صعود وهبوط العلة، فإنه يكون، في هذه الحال، موضوعا مركبا، يشتق من اتحاد وقائع مختلفة تصدر كل منها عن جزء مختلف من العلة. وإذا إن وجد موضوع من الموضوعات بعض الوقت بتمامه من دون أن ينتج واقعة، فإنه ليس العلة الوحيدة لذلك الموضوع.

هناك إذن فرق بين الواقعة وعلتها. من هنا فتجريبية ديفيد هيوم لم تكن حسية. فالحسية نظرية لا تقبل إلا المعطيات القادمة من الحواس الخارجية. أما هيوم فيلجأ إلى الحواس الخارجية والداخلية معا. ومن دونها جميعا، ليس بالإمكان تفسير جذر الصلة العلية.

من مكاسب نظرية ديفيد هيوم العملية إذن هي :

١- أن العلاقة العلية ليست علاقة فكرية؛

٢- أن الاستدلال العلى يختلف عن الاستدلال الاستنباطي؛

٣- لا تضمن الخبرة الخارجية مثل هذا الاستدلال.

فالعلة لا تحمل بداخلها الواقعة بوصفها حدا داخليا كما أن العلاقة العلية ليست علاقة تحليلية. وانتهى هيوم إلى أن القضايا كلها التى تدور حول العالم الطبيعي احتمالية لايقينية، ولا يقين إلا إذا كانت القضية تقوم على تحليل العلاقة بين فكرة وفكرة أخرى .. ولو حكمت على خبرة المستقبل بما حكمت به على خبرة الماضي، لكان ذلك على سبيل الاحتمال لا اليقين. وذهب هيوم إلى أن درجات الإثبات ثلاث:

١- اليقين المنطقي ؛

٢- درجة الاحتمال البرهانى ؛

٣- درجة الاحتمال الافتراضى.

والانتقال من الاحتمال الافتراضى إلى الاحتمال البرهانى إنما يخطو خطوتين متدرجتين :

١- احتمال المصادفات ؛

٢- التعليل الاحتمالى : الأسباب المحتملة.

والمقصود باحتمال المصادفات أنه احتمال يتعلق بالحوادث ووقوعها حين تقع الحادثة بغير سبب معلوم، وحين يكون هنالك أكثر من سبيل واحد لمجرى الحوادث، كلها سواء فى إمكان الوقوع. هذه الاحتمالات المتساوية من حيث توقع حدوثها، تأخذ فى التفاوت (من الوجهة النفسية لا من الوجهة المنطقية) حين يزيد عدد الفرص فى ناحية عنه فى ناحية أخرى.

يقول ديفيد هيوم بأن الاحتمال ينشأ من سيطرة المصادفات من أى جانب، ومن هنا، فعندما تزيد هذه السيطرة وتجاوز المصادفات العكسية، فإن الاحتمال يزيد زيادة متناسبة، وينجم عنه درجة عالية من الاعتقاد أو القبول لهذا الجانب الذى يكتنف هذه السيادة. وإذا ما وضعنا علامة فى زهر، ولتكن شكلا أو عددا من النقاط على الجوانب الأربعة، وشكلا آخر أو عددا من النقاط الأخرى على الجانبين، سيكون احتمال ظهور

الأشكال الأولى أكثر من الأخرى، وإذا وضعت العلامة لألف جانب بنفس الوسيلة، وكان جانب واحد فقط مختلفا، فممكن أن يكون الاحتمال عاليا جدا، واعتقادنا أو توقعنا للحدث يكون أكثر ثباتا.

أما التعليل الاحتمالي فهو هذه الحالة نفسها. فهناك بعض الأسباب التي تنتظم تماما مع نتيجة خاصة، وليس هناك مثال واحد لأي سقوط أو عدم انتظام في عملياتها. فالنار دائما تحرق، والماء تخنق كل مخلوق بشري، وإنتاج الحركة بالدفع والجاذبية قانون كلي، ولا يسمح بأي استثناء. ولكن هناك أسبابا أخرى بلا انتظام كبير، ولا تعيين، فليس دائما الراوند دواء مسهلا، أو الخشخاش منوما لكل شخص يتعاطى مثل هذه الأدوية. وعندما يفشل أى سبب في إنتاج أثره المعتاد، فإن الفلاسفة لا يعززون ذلك إلى عدم انتظام الطبيعة ولكن يفترضون أسبابا مجهولة في أجزاء من أبنية معينة، تحدث العملية.

فإن التعليل الاحتمالي، هو الذى يحكم به الإنسان بناء على اطردات سابقة وقعت الحوادث على نسقها، فكما اطرد وقوع الحوادث التي من نوع معين على نسق معين، تكونت لدى الإنسان "عادة" تميل به إلى توقع نفس هذا الاطراد من جديد، ولما كانت " العادة" تزداد مع التكرار رسوخا وثباتا، فإن الإنسان كلما ازداد مشاهدة للوقوع الطرد لحادثة معينة على نسق معين، ازداد مع التكرار يقينا بأن الحادثة ستقع على نفس الاطراد في المستقبل كما حدث لها في الماضي، وبذلك ينتقل الإنسان بحكمه من مرحلة التخمين الدنيا إلى مرحلة أعلى من مراحل الاحتمال، وهى ما أطلق عليه اسم " الاحتمال البرهاني. والواضح من فهم هيوم للاحتتمال هو الجهل بالأسباب، فالجهل بالأسباب هو المسؤول عن هذه الدرجة الدنيا من المعرفة. إذن لا بد من البحث عن شيء آخر. ما الشيء الآخر؟

الشيء الآخر، هو المبادئ العامة. فهذه المبادئ العامة هى النتيجة المنطقية لأطروحة هيوم. مع ذلك فإن تلك الأطروحة تثير المشكلات قبل أن تحلها. لم يستخلص هيوم سوى خبرة الرابطة الثابتة وليس المبادئ العامة. وبدل التحليل العلى والقوة الفعالة قرر بعضهم شروط ربط واقعة بأخرى، ومن ثم بحث عن الخبرة من دون أن يؤسسها، فهى لا تقبل النقاش. وأما هيوم فقد رفض التفسير العلى لصالح الاستدلالات التلقائية ونظرية الاستدلالات والطبيعة الإنسانية.

الفطرى البدائى لا ينسخ أى انطباع سابق، والانطباع فطرى، أما الفكرة فليست فطرية. مبادئ ترابط الأفكار الثلاثة هى علاقة التشابه؛ وعلاقة التجاور؛ وعلاقة العلية. قسم مجموع موضوعات العقل الإنسانى إلى قسمين. أما القسم الأول فهو قسم علاقات الأفكار، الهندسة، الجبر، الحساب، حيث كل تأكيد إما حدسى أو يقينى برهانيا. أما علاقات الوقائع فبدهتها، بدهة حقيقتها، مهما بلغت، ليست كبدهة العلاقة الفكرية، كما أن نقيض واقعة ما دوما ممكن : فهو لا يتضمن التناقض. أولا، علاقة فلسفية تقارن بين فكرتين. العلة عبارة عن

موضوع سابق ومجاور لموضوع آخر بحيث أن الموضوعات الخاصة كلها التي تتشابه مع الموضوع الأول تقع ضمن علاقات متشابهة من السيق والتجاور بالنسبة إلى الموضوعات التي تتعلق بالموضوع الأول. أما العلاقة الطبيعية فهي علاقة ترابطية بين الأفكار. وانطلق إ. شغلر، في تشريح العلم، تمثيلا لا حصرا، من النموذج التفسيري الطبي، أى أنه انطلق من التشخيص العلى للأحداث-الأمراض، للحالات المرضية أو الوقائع المريضة. وهو من جهة أخرى، انطلق من العلية الأرسطية حيث كان أرسطو يقول بأن معرفة الشيء هي معرفة علتها. التعليل، إذن، هو تحليل مسلمات حدث بعينه.

أما التعليل الزمنى فهو تعليل ملتبس كذلك، لأن الخبرات الزمنية، إما أنها تؤيد النظرية، فتقدم تعليلا، إما أنها تكذب النظرية، فتعجز عن تعليل أى شيء. ومن ثم فمعيار التعليل بالتوافى مع خبرات الزمن لا يعلل شيئا، حصرا. فى العلم الحديث، الرابطة الثابتة *INVARIABLE* موحدة، بمعنى أنه فى كل مرة يظهر الحدث أ يظهر الحدث ب على التو إلى، ف أ علة ب، وب معلول أ، وأ هى الشرط الضرورى والكافى لظهور المعلول ب، بعبارة أخرى، إذا ظهر المعلول، فإن ذلك الظهور عائد إلى الظهور الضرورى والسابق ل أ، والعكس بالعكس، إذا ظهر أ، يكفى أن يظهر ب، فالعلة أ هى مجموعة الشروط.

وتقوم بين العلة والمعلول علاقة تجاور فى المكان، ف ب هى نهاية عملية بدأت فى النقطة أ : إنه انتشار التأثير:

$$C \text{ -----/-----} E$$

التأثير فى استقبال الأجسام كلها.

تنخفض *E* مع المسافة، إذن، المعلول *E* ينخفض مع العلة *C*.

فى المسافة الزمنية، تسبق العلل المعلولات وتتجاور، أو تتصل العلة أ والمعلول ب، أو يظهر اللاتناظر

بين أ وب : $BR A \neq AR B$

صار القانون العلى نوعا خاصا من قانون التلازم *CON-COMITANCE* الثابت لا صنفا متفردا من قانون العلة. نظام الألوان، تمثيلا لا حصرا، لا يتوالى ولا يعلل. نظام التعاقب ثابت من دون أن يعلل. وفى الأحياء، تشكل الصدور بعد تشكل نظام التنفس. إذا ظهرت أ فى اللحظة ب وبها الخاصية *P*، فإن *Q* تظهر فى اللحظة *T*ص، لكن من دون رابطة عليّة، لأن قانون النمو يقول عبارات ضرورية لكن غير كافية، والتعاقب فى القانون ينطبق على الأحداث المنفصلة فى الزمان، مع أن القانون العلى ينطبق على الأحداث المتجاورة فى الزمان. وفى الفيزياء، تعريف وظيفى بين الكميات، حيث *Y* دالة قيمة *X* فى تحول *X*، و *Z* دالة

تحول Y ، وفي الكيمياء أمثلة الضغط الجوي، وقانون بويل ماريوت، وغيرها من الأمثلة الدالة على حدود القانون العلى فى العلم.

أما شليك *SCHLICK* فقد كان يرى فى القانون العلمى قاعدة للاستدلال فوق المنطقي، طبقا للشروط المبدئية الموضوعية. وتؤدى قواعد الاستدلال إلى افتراض التنبؤ من دون التعليل ومن دون التصور الأدائى للعلم. ويقود ذلك التصور كذلك إلى التفريق بين العلم والميتافيزيقا. أما التعليل فهو يعدل التنبؤ الممكن معادلة بنيوية، فى التصور الوضعى التجريبي للعلم. وأما أطروحة كارل بوبر فهى تقول بالكشف عن تنبؤ عكسى ممكن للنظريات العلمية، مما يفرق بين العلم والميتافيزيقا. فالميتافيزيقا لا تقبل التنبؤ العكسى الممكن.

٤-٥- الاحتمال فى القرن السابع عشر

٤-٥-١- عصر النهضة

بدأ يظهر فى ما سمي باسم عصر النهضة المبكر نوع من التأمين التجارى ضد المخاطر فى المدن الإيطالية. ومن هنا نشأت بذور نظرية الاحتمال فى القرن السابع عشر. والتفت جون جراونت *John Graunt* لمشكلة ثبات السلسلة الإحصائية التى حصل عليها من سجل الوفيات. وبعد ذلك بقليل بين عالم الفلك ادموند هالى *Edmund Halley (1656 - 1742)* كيفية الإحصاء السنوى لجداول الوفيات كما احتل موضوع الشهادة القضائية مكانا بارزا فى الاحتمال الرياضى فى منتصف القرن التاسع عشر. ونجح العلماء نجاحا نسبيا فى حل المشكلات الرياضية التى تعلقت بألعاب الحظ، ومن هؤلاء نقدر أن نذكر الراهب وعالم الرياضيات الإيطالى لوقا باتشيولى *PACIOLI Luca (1445-1517)* وكتابه *Summa de arithmetica, geometrica, proportioni et proportionalita* "مجموع الحساب والهندسة والتناسب والتناسبية" (١٤٩٤) و *De divina proportione* "التناسبات الإلهية" (١٥٠٩). ودرس لوقا باتشيولى الحساب وحلول المعادلات. واستعاد فيبوناتشى *FIBONNACCI*. واستعمل علمه بوجه خاص التجار فى عصر صعود التجارة. وإسهامه الرئيس يتعلق بتبسيط بعض الكتابات *NOTATIONS*،

$$\sqrt{50} - \sqrt{120}$$

وتكتب عند لوقا باتشيولى على النحو التالى:

$$RU \ 50 \ m \sim R120$$

حيث R تشير إلى الجذر التربيعي، و U فى RU إلى الجذر التربيعى الذى يستوعب ما يتلوه كله.

ومن هؤلاء العلماء نذكر أيضا ج. ف. كاردانو *G. F. CARDANO*، وجيرو لاموكاردان *J. Cardan* (1501-1576) الذي نشر، قبل بيار فرما وبليز بسكال، كتابا عن الاحتمال. ونذكر أخيرا، وليس آخر، نقولا تارتاجليا *N. Tartaglia* (1499-1557)

٤-٥-٢- هندسة المصادفة

قال بليز باسكال (*B. PASCAL* 1623 - 1662) عن الاحتمال ^(١٤) إن بالإمكان أن يضعه أى منا، ولا يمكن لأى منا أن يستبعده ^(١٥). فى عبارة أخرى قال إن اندفاع القديسين للبحث عن الحقيقة كان اندفاعا من دون جدوى إذا كان الاحتمال يقينيا. خوف القديسين الذين تطلعوا دوما للأكثر يقينا ^(١٦). وقال : "استبعد الاحتمال، ولن يرضى عنك العالم. ضع الاحتمال لن يمكن العالم أن لا يرضى عنك" ^(١٧).

ومن المعروف عن بليز بسكال أن الفارس دى ميريه وداميان ميتون وضعوا له فى صيف عام ١٦٥٤ سؤالين عن ألعاب الحظ ^(١٨) وعلى حين استخدم فرما منهج التوافق، استخدم بسكال منهج الترداد كما سنوضح، فى حل مشكلات الاحتمال. قامت المشكلة الأولى عن لعبة الزهر : لنفرض أننا نلعب بالزهر. كم هو عدد الرميات التى يستطيع الإنسان بعدها أن يأمل أملا معقولا فى مجيء عددى الستة معا ؟ وأدى حل بسكال للمشكلة الثانية، إلى الكشف عن نواة حساب الاحتمالات. وتلك المشكلة تتعلق بألعاب الحظ بعامة، ويمكن التعبير عنها كما يأتى : إذا أوقف اللاعبان لعبهما مختارين قبل نهاية الدور، وبحثا فى تقسيم عادل لما جاء به الحظ لكل منهما، فما نصيب كل منهما تبعا لاحتمال كسبه للدور فى ذلك الوقت ؟

وقد نجح " بسكال" فى حل المشكلة، وذلك بتجزئتها إلى عدة مراحل، وبإرجاع الحالات الممكنة إلى أبسط المواقف. وقد وصل فى حله هذا إلى اكتشاف طريقتين من طرق حساب الاحتمالات، واكتشف ثالثهما بيار فرما *Pierre Fermat* ^(١٩)، الذى راسله باسكال فى ذلك الوقت. ولقد درس فرما هذه المشكلات من خلال النظرية العامة للتوافق. كانت معظم تطبيقات الاحتمال خلال هذه الفترة الكلاسيكية على ألعاب الحظ، مثل لعبة الزهر، والكروت، والروليت. وفى الواقع، استمدت النظرية أصولها من أن بعض المقامرين، فى ذلك الوقت قد سألوا بيار فرما *Pierre Fermat*، ورياضيين آخرين أن يحسبوا لهم الاحتمالات الدقيقة التى تتضمنها ألعاب معينة من ألعاب الحظ. وهكذا بدأت النظرية من مشكلات عينية، ولم تبدأ من نظرية رياضية عامة. ولقد استغرب الرياضيون الإجابة عن مثل هذه التساؤلات. إذ أن هذا النوع من الرياضيات لم يكن منتشرا حتى يتسنى تغطية مثل هذه الإجابات، ولذلك طوروا نظرية التوافق التى تمكنوا حينئذ من تطبيقها على مشكلات الاحتمال.

ولقد ورث هيويجانز *Huygens* (1629-1695) هذا التقليد عن بليز باسكال وبيار فرما وأسهم في تطويره في رسالته عن *De ratiociniis in ludo aleae* أو "حساب لعبة الاحتمال" (١٦٧٣). وأدخل "الأمل الرياضي" وحل مسائل الاحتمال السائدة في ذلك الوقت. ومن اهتماموا بحساب الاحتمالات جوتفريد فيلهلم ليبنتز. في تصوره للعالم العرضي *a contingentia mundi* في كتابه الإلهيات الفقرة ٧، حيث قال إن الله هو العلة الأولى للأشياء لأن الأشياء المحدودة كما كل ما نراه ونجربه، إنما هي أشياء محتملة ولا تحمل بداخلها علة وجودها. ومن ثم لا بد من البحث عن السبب أو علة وجود العالم، لأنه لا يحمل بداخل تصوره نفسه علة وجوده. ولا بد من البحث عنها في الجوهر بألف لام التعريف الذي يحمل بداخله سبب وجوده ووجود العالم المحتمل وكأنه علة ذاتية *causa sui*. فالجوهر خالد لأنه ليس بإمكانه أن يبدأ في الوجود وبالتالي فهو واجب الوجود. ليبنتز يقول إنه يوجد كائن وحيد، واجب الوجود^(٢٠).

وكان منطقة بور رويال *Port Royal* (1662) يتعاملون مع منطق الاحتمال في شكله الحديث. فلكي أحكم على حقيقة حدث، وأحدده حتى أقوم بالاعتقاد به، أو عدم الاعتقاد به، فليس من الضروري أن أجعله مجرداً، ولكن من الضروري أن أوجه الاهتمام إلى جميع الظروف التي تصحبه، الداخلية منها والخارجية، وأسمى الأحوال الداخلية، أنها تلك التي تختص بالحقيقة في ذاتها والخارجية هي تلك التي تختص بالأشخاص الذين يقومون بالبرهان عليها، فنتبعهم في الاعتقاد بها. ويتم هذا إذا كانت هذه الأحوال لا تحدث، أو تحدث في النادر وهي دائماً مصاحبة للكذب. وتابع لوك منطق بور رويال، فقد أشار إلى الاحتمال بوصفه :

أولاً : ظهوراً لموافقة براهين تقبل الخطأ. فالإثبات هو بيان توافق أو عدم توافق فكرتين من طريق تداول علامة أو أكثر، تكون له صفة الثبات، وعدم التغير، وربط الواحد بالآخر. ولذلك فالاحتمال عبارة عن توافق علامات مرتبطة رابطاً متغيراً، لكنه يظهر الجزء الغالب منه، وهو غير كاف ليتولى به العقل في الحكم على عبارة ما، بالصدق أو الكذب؛

ثانياً : الاحتمال أساس الرغبة في المعرفة ؛

ثالثاً : ترجيح الصدق.

فإن كل دلالة لكلمة ما، تشير إلى موضوع ومحمول، لها من الحجج التي تجعلها تصل إلى الحقيقة وقبول العقل لهذا النوع من الجمل التي إما أن تكون اعتقاداً أو مصادفة أو رأياً يسمح بكونها صادقة، فهي قائمة على حجج أو براهين تدفعنا لأن نقبلها على أنها صادقة، دون معرفة مؤكدة بأنها كذلك. ويقع هنا الاختلاف بين الاحتمال والتأكيد. لأنه في كل أجزاء المعرفة يوجد حدس.

ويرجع الاحتمال إلى مصدرين:

الأول: المطابقة لأي شيء مع معارفنا وملاحظاتنا وتجاربنا؛

الثاني: الاستشهاد بالأشياء الأخرى. ويراعى في الاستشهاد بالأشياء الأخرى : العدد، والنزاهة، ومهارة المشاهدة، وتماسك الأجزاء والظروف بالنسبة للعلاقة، وأخيرا تضاد الدلائل مع بعضها. نظر "جون لوك" إلى الاحتمال بوصفه قصورا في الملاحظة الدقيقة، وعدم إمعان الفكر في الأشياء الملاحظة، أو أنه جهل بعلم الظواهر.

٤-٦- الاحتمال في القرن الثامن عشر

ظهرت أول نظرية علمية في الاحتمال في العصر الحديث - وتسمى الآن عادة "بالنظرية الكلاسيكية" - خلال القرن الثامن عشر الميلادي . ومع تطور العلم زادت أهمية القضايا الاحتمالية في مجال العلوم الاجتماعية. فقد صار الاحتمال الإحصائي ضروريا في المجالات المجهولة وبخاصة في مجال العلوم الاجتماعية. وعليه فقد بات من الضروري بالنسبة للعلم أن يستعين بنظريات الاحتمال. ولقد قام بتطوير هذه النظريات جماعة من الإحصائيين، كما عُنِيَ بتطويرها ميزس ورايشنباخ. لكن انطلق رشدى راشد في نظرية الاحتمال، من عمل الفيلسوف الفرنسي المعاصر جيل جاستون جرونجه *GRANGER Gilles-Gaston* ^(٢١) الذى لعب دورا مهما في إرساء أسس الرياضيات الاجتماعية في تقديم نظرية العلوم المقارنة، من جهة مقارنة الإجراءات والاستراتيجيات التى يتوصل بها الفكر العقلى الشكلى في مختلف مجالات العلوم الإنسانية الحديثة. كذلك رفض فكرة الثورة الكوبرنيكية وقال بالثورة البطلمية، وبحث في شروط إمكان العلوم الإنسانية بعيدا عن التقيد التام بنموذج العلوم الدقيقة -نموذج المرتبة الواحدة- لكن من دون الوقوع في التأويل الإنسانية. أخيرا ركز على الاقتصاد السياسى وعلاقة الرياضيات بالعلوم الاجتماعية عند كوندورسيه.

كان الطموح إلى تطبيق الرياضيات في العلوم الاجتماعية، لكى تصبح العلوم الاجتماعية علوما بالمعنى الحديث للاصطلاح، طموحا متناقضا^(٢٢). فقد سبق أن عبر سان سيمون وأجست كومننت عن استحالة مشروع كوندورسيه الرائد في ميدان الرياضيات الاجتماعية. فكوندورسيه هو الذى نحت مصطلح "الرياضيات الاجتماعية" ولم يقتصر على إدخال "القياس" في العلوم الاجتماعية إنما تجاوز ذلك إلى تصميم مشروع علم اجتماعى رياضى.

أراد كوندورسيه أن تكتسب العلوم الاجتماعية الثقة التى اكتسبتها من قبلها العلوم المستقرة. ونبعت رغبته هذه ورغبة دالومبير بخاصة ورغبة فلاسفة التنوير الفرنسى بعامة من التسليم المسبق بفكرة "وحدة المعرفة".

وقد أقام هذه الوحدة على أساس من "النماذج النظرية" العلمية المحددة لا على مجرد اعتبارات فلسفية عامة. ومن هذه النماذج النظرية التي استقاها من تاريخ العلوم النماذج التالية :

١- تطبيق علم رياضي على علم رياضي آخر مثل تطبيق الجبر على الهندسة، وتطبيق حساب الاحتمال على التحليل وتطبيق التحليل على حساب الاحتمال وتطبيق الرياضيات على الفيزياء. وكان دالومبير يتكلم على العلوم "الفيزيائية-الرياضية". وكان علماء الرياضيات تجريبيين. وكانوا يريدون أن تصبح الفيزياء رياضية وتجريبية في آن معا كما أرادوا أن يصلوا بين القضايا الرياضية والقضايا التجريبية. أما بوفون *BUFFON* فقد قصر التطبيق الرياضي على الفلك والمناظر والميكانيكا العقلية، أي على علوم كانت رياضية سلفا. أما كوندورسيه فقد رأى أن التوافق المتنوع بين العناصر نفسها ليست شيئا واحدا؛

٢- الدور المنظم لهذه التطبيقات وقدرتها على توحيد المعرفة من جهة كونها أداة الكشف والعرض معا؛

٣- الجبر أو المنهج التحليلي أو منهج الاختراع أو منهج التوافق هو البحث بين التوافق كلها، عن التوافق الأقرب إلى معرفة الموضوع موضع البحث : التوافق المتنوع بين الأفكار نفسها والفكرة الأكثر تجريدا حيث يتكرر التجريد هو فن ترتيب المجردات أو فن حل المسائل، والرياضيات هي الجزء المجرد في فن التوافق؛

٤- يدرك الحدس، عند كوندورسيه وجون لوك، اليقين النسبي للاحتمال، في مقابل بدهة الميتافيزيقا اليقينية التامة والرياضيات الخالصة.

وليس بإمكان القضايا القادمة من الوقائع سوى أن تكون موضع معرفة احتمالية. وموقف العلم التجريبي هذا هو أساس صعوبة تحليله. واقع الأمر أن المعرفة البنائية احتمالية بالضرورة، وذلك سواء أكانت رياضية خالصة أو تجريبية. وهذا هو أساس الاحتمالية الشاملة في فلسفة المعرفة عند كوندورسيه. من هنا فالعلوم الاجتماعية تكتسب الثقة نفسها التي لدى العلوم التجريبية الأخرى مثل الفيزياء. فمن الجهة النظرية، الملاحظة واحدة في العلوم التجريبية كافة، عدا أن الباحث الاجتماعي في العلوم الاجتماعية يمثل جزءا من الظاهرة المدروسة : المجتمع. لذلك يفرق كوندورسيه بين نوعين من الاحتمال : الاحتمال الفيزيائي، والاحتمال الشرطي. ويتعلق الاحتمالان بطريقة الإشارة إلى التطابق بين الحكم الوجودي، وبين احساساتنا الجسدية. ويتعلق الاحتمال الشرطي بالتطابق بين هذا الحكم وبين احساساتنا المتعلقة بفروض حول سلوك الكائنات الحية، وحول حقائق خاصة. وقضايا العلم الاجتماعي إنما هي قضايا افتراضية، على الأقل لأن الباحث

يشارك في الظاهرة المبحوثة. لكن درجة الثقة في هذا العلم وتلك الفيزياء تقبل الحساب الاحتمالي. وبالتالي فالفرق بين العلم الاجتماعي والمعارف التجريبية الأخرى هو فرق في الدرجة لا فرق في النوع، وإن كانت الدرجة الاجتماعية أدنى من درجة اليقين في العلم الفيزيائي.

وكان مشروع كوندورسيه متمما لمشروع العالم السويسري يعقوب برنويي، وغيره من علماء القرن الثامن عشر الميلادي. كان العالم السويسري يعقوب بيرنويي (1654 - 1705) *Jacob BERNOULLI* أول من كتب مقالة منهجية في الاحتمال في "فن الافتراض" *ARS CONJECTANDI* (1713) وبلغت نظرية بيار فرما أقصى تطور لها على يد العالم السويسري يعقوب بيرنويي. فبرنويي هو المؤسس الحقيقي لنظرية الاحتمال بوصفها فرعاً من فروع الرياضيات. وترجع أهمية يعقوب بيرنويي إلى اكتشافه "قانون الأعداد الكبيرة"، ذلك القانون الذي وضع فيه الكسور لاحتمالات الحوادث والنسبة الفعلية لمصادقاتها. وقد أشار عدد من الدارسين المعاصرين إلى اقتباسات معينة لمؤلفين كلاسيكيين، وقالوا إن الاحتمال المنطقي لا يمكن أن يكون هو نفسه الذي كان في ذهن هؤلاء المؤلفين. لأن الكتاب الكلاسيكيين لم يقصدوا الاحتمال التكراري. ولكن ما قصده يعقوب بيرنويي كان أمراً مختلفاً تماماً، لأنه قال إنه عند مشاهدتنا لحوادث معينة كتلك التي نشاهدها عند سقوط زهر، فإننا نفترض الطريقة التي سوف يسقط بها الزهر إذا قذفنا مرة أخرى، أو الطريقة التي نجرى بها مراهانات معقولة. إذن الاحتمال بالنسبة للكتاب الكلاسيكيين كان درجة من الثقة بأن اعتقاداتنا قد تتحقق في الوقائع القادمة.

وما يسمى باسم "توزيع برنويي" هو عبارة عن تجربة تقبل نتيجتين ممكنتين وحسب، واحتمالات P و $1 - P$ ، أو، بعبارة أخرى، تقبل متغير احتمالي X ، بحيث: $P(X = 1) = p$ و $P(X = 0) = 1 - p$

فقد سبق أن برهن برنويي على أنه إذا افترضنا معرفة احتمال الحدث E ، نقدر أن نقيّم تردد تحقيق E ، بحيث أن قيمة هذا التردد قد تكون قريبة حسب ما نريد من احتمال E . وسجل رشدى راشد أن بيز لا ينظر إلا إلى قيمة واحدة للمجهول x النابع من التوزيع الموحد على $[0, 1]$ وأن متتالية التجارب عند برنويي قد تولدت عن احتمال x . غير أن النظر في رسالة بيز يبين أن بيز كان يقصد حل المسألة الرياضية وحسب: دمج نظرية برنويي. فقد سبق أن برهن برنويي على أنه إذا افترضنا معرفة احتمال الحدث E ، نقدر أن نقوم هذا تردد تحقيق E ، بحيث أن قيمة تردد قد تكون قريبة حسب ما نريد من احتمال E .

وقد اكتشف العلماء منذ القرن الثامن عشر وفي مناسبة المسألة التي كان قد طرحها ن. برنويي N . *BERNOULLI* ومونور *MONTMORT*، أن ثمة مفارقة، هي مفارقة سانبطرسبورج، قد تهدد بشل حركة المقامر، إذا تمسك المقامر بقاعدة الأمل الرياضي كقاعدة لاتخاذ القرار، وذلك في الاستعمال العام. في هذا

السياق ظهرت أول نظرية في الاحتمال، وتسمى الآن بالتسمية المعروفة "النظرية الكلاسيكية"، خلال القرن الثامن عشر. وكان يعقوب برنوي أول من كتب كتابة منهجية متكاملة فيها. وعاونه في هذا العمل الأسقف تومازا بيز. وفي نهاية ذلك القرن الثامن عشر، مثل عالم الرياضيات بيار سيمون دولابلاس ذروة المرحلة الكلاسيكية. كانت معظم تطبيقات الاحتمال خلال هذه الفترة الكلاسيكية تتعلق بتحليل ألعاب الحظ، مثل لعبة الزهر، والورق، والروليت. وسأل بعض المقامرين آنذاك عالم الرياضيات بيير فرما ورياضيين آخرين أن يحسبوا لهم الاحتمالات الدقيقة التي تتضمنها ألعاب معينة من ألعاب الحظ. بدءاً من هذه المشكلات العملية قامت النظرية الرياضية في الاحتمال وطور علماء الرياضيات نظرية التوافق. ومنذ ذلك التاريخ صار بالإمكان تطبيق التحليل التوافقي على المشكلات الناجمة عن ظواهر المصادفة.

تقول المفارقة إذن، إن أ يعد ب بإعطائه ريالاً من المال إذا -منوسلاً في الإلقاء بزهر عادي- حصل في المرة الأولى على ست نقاط، وريالين إذا حصل في المرة الثانية على ست نقاط، وثلاث ريالات إذا حصل في المرة الثالثة على ست نقاط، وأربع ريالات إذا حصل في المرة الرابعة على ست نقاط، وخمس ريالات إذا حصل في المرة الخامسة على ست نقاط، وهكذا إلى غير نهاية، فالمطلوب هو إيجاد أمل ب. إذا استمر إلقاء الزهر إلى غير نهاية سوف لن ينتهي أمل ب، أما إذا تساوت الحظوظ بين أ وب فإن اللعبة تكون حسمت سلفاً، لأن مراننا أ وب، في هذه الحال، تتساويان. وللخروج من هذه المفارقة، هناك منهجان: إما العجز عن الحل إما جعل المقامر رجل سوق كما افترض كرامر *CRAMER* وبوفون *BUFFON* ود. برنوي *D. BERNOULLI*، وقد رأوا أن التناقض ينهض على التناقض في قيمة المال، كما على النحو التالي :

إذا افترضنا X الثروة الأولى المصاغة في قيمة عملة، منفعة نمو dx تعدل

$dx = (b dx) / x$ مع اعتبار b ثابتاً. من هنا سيكون لدينا، بالنسبة لمنفعة الثروة. بعبارة أخرى، $dx = (b dx) / x$ وفي حال $b dx = b \cdot dx$ في حالة الإيجاب، نحصل على $b = 1/x$ ، لكن b ثابت، فنحصل على التناقض.

$y = b \log x / |c|$ مع اعتبار c ثابتاً. ومن هذا التعريف ل y نقدر أن نحسب الأمل المعنوي أو أمل المنفعة.

إذا افترضنا a الثروة المبدئية، $x_1, x_2, x_3 \dots$ نمو الثروة، مع الاحتمالات المناسبة $p_1, p_2, p_3 \dots$ وبحيث أن $p_1 + p_2 + p_3 + \dots = 1$. تعادل الثروة المعنوية ما يلي:

$$b \log [(a + x_1) p_1 (a + x_2) p_2 (a + x_3) p_3 \dots] - b \log |c|$$

عند د. برنويي *D. BERNOULLI*، إذن، أمل ربح المبلغ لا يعبر عنه المبلغ نفسه إنما تعبر عنه العلاقة بين هذا المبلغ والثروة -كمية الممتلكات- التي لا بد أن يربحها. ومنذ ذلك التاريخ ظل خيار الدالة الخوارزمية هو الخيار الأمل لتمثيل المنفعة، وبخاصة لدى علماء الاقتصاد أمثال أ. مارشال وسافج. والسؤال حول مبررات الخيار إنما هو سؤال حول نوع السلوك الذي ينبغي أن يسلكه المقامر. عند د. برنويي، إذن، ومن بعده، يقوم هذا التأسيس على افتراض أن المنفعة المستخلصة من نمو بسيط للثروة تناسب عكسيا كمية الممتلكات المملوكة سلفا. ويربط هذا الافتراض بين فكرتين تقضيان عند اجتماعهما بالدالة المتصلة، الموحدة، النامية، المتفاضلة، والمتجهة باتجاه بطيء تماما نحو اللامتناهي، وذلك حين x تتجه نحو اللامتناهي.

فمن جهة هناك نمو للمنفعة تبعا للملكية وبكمية لامتناهية، ومن جهة أخرى، هناك انخفاض متناقض *TENDANCIELLE* وانخفاض، مصحوب بالارتفاع، لقيمة المنفعة تبعا لنمو كمية الممتلكات. من هنا فأيا كان دخل الفرد فوحدنا الربح دوما ما تكونا أنفع من منفعة واحدة أو أقل من ثلاث وحدات، لكن تبعا لهذا الدخل المبدئي، فمنفعة الوحدة الأخيرة تظل مختلفة، ومن هنا فصلاحيية خيار الدالة الخوارزمية تحيل إلى التصورات الضرورية للتأسيس للفرضية التي تختلف من مجال الاقتصاد إلى مجال علم النفس وغيرهما من المجالات.

فالمثال الذي يعيده عالم الرياضيات إلى السلوك يستند إلى تاريخية خفية - إلى تفسير الخبرة الفعلية. وفي حين ينبع فعل الإعادة من إعادة تعريف مساواة الفرص، فإن المساواة في الفرص تقيم نظرية القرار على "عقيدة المنفعة". ويظل الإنسان عند د. برنويي، إذن، بعيدا عن المقاربة العلمية الاجتماعية الرياضية. فلكي يقترب الإنسان عند د. برنويي، من المقاربة العلمية الاجتماعية الرياضية، لا بد من أن تقود "نظرية" القرار "عقيدة" المنفعة. وهو الأمر الذي لم يحدث إلا في العمل الذي قدمه كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN*، اللذين أعادا صياغة "عقيدة المنفعة" نحو منتصف القرن العشرين، في قوالب الرياضيات، وبخاصة نظرية المجموعات. في أثناء القرن التاسع عشر، انتقد بعض العلماء التعريف الكلاسيكي. ولكن في أثناء القرن العشرين، ونحو عام ١٩٢٠، وجه كل من ريتشارد فون ميزس *Richard Von Mises*، وهانز رايشنباخ *Hans REICHENBACH*، وغيرهما من العلماء انتقادات للأطروحة الكلاسيكية في الاحتمال.

وعاون يعقوب بيرنوي في صياغة أول نظرية علمية في الاحتمال في العصر الحديث، معاونة جادة الأسقف وعالم اللاهوت الإنجليزي البروتستانتي توماس بيز *Thomas BAYES* (1702-1761) الذي درس الرياضيات على *DE MOIVRE*. وإضافة توماس بيز الأساسية هي ما سمي في تاريخ الرياضيات باسمه : "

معادلة بيز". وهي معادلة الاحتمال العلى أو السببى أو الشرطى، كما أوردها فى *An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances* أو "محاولة نحو حل مسألة نظرية الحظوظ" (١٧٦٣). ومعادلة بيز أو معادلة احتمالات العلل نقول : نفترض نظاما تاما من الأحداث $I \leq i \leq n$ (A_i) ونفترض كذلك حدثا B محتملا لا صفري، نصل إذن إلى المعادلة التالية:

$$P(A_i | B) = P(A_i) P(B | A_i) / \sum P(A_j) P(B | A_j)$$

حيث $P(X | Y)$ تمثل الاحتمال الشرطى لـ X بالنسبة لـ Y .

وضع توماس بيز المسألة التالية : لدينا عدد تحقيقات وغير تحقيقات لحدث مجهول؛ المطلوب هو الحظ لى يوجد احتمال تحقيق هذا الحدث فى ظرف واحد بين درجتين احتماليتين نقدر أن نسميهما. والحظ هو الاحتمال^(٢٣). المسألة إذن بالنسبة إلى توماس بيز كانت تتلخص فى تحديد الاحتمال لى يكون $P(E) -$ احتمال تحقق الحدث E فى الفترة $[0,1] \subset [a,b]$

على النحو التالى : $P(a \leq p(E) \leq b)$ مع العلم بتردد E لمتتالية متكررة الوقوع. وقد حل الرياضى المسألة، بلغة العلاقات بين المساحات الواقعة تحت المنحنيات ولم يلجأ قط إلى لغة التكامل. وفى لغة غير لغة بيز، أمكن رشدى راشد، بعد أ. تودهنتر، فى كتابه "تاريخ النظرية الرياضية للاحتمال" (١٨٦٥)، أن يصوغ الحل على النحو التالى :

$$P[a \leq x \leq b]$$

حيث تقع E عدد المرات p فى المعادلة $p + q = n$

حيث n هى عدد مرات الرمى :

$$(*) \frac{\int_a^b P x^p (1-x)^q dx}{\int_0^1 P x^p (1-x)^q dx}$$

حيث x تمثل الاحتمال القبلى للحدث E . وسجل رشدى راشد أن بيز لا ينظر إلا إلى قيمة واحدة للمجهول x النابع من التوزيع الموحد على $[0,1]$ وأن متتالية المرات عند برنوى قد صدرت عن احتمال x . غير أن النظر فى رسالة بيز يبين أن بيز كان يقصد حل المسألة الرياضية ودمج نظرية نقولا برنويى. وكان جاك

برنويي قد برهن أنه إذا افترضنا معرفة احتمال وقوع حدث E ، بحيث أن قيمة التردد قد تقترب من احتمال وقوع الحدث E ، بمعنى أنه

إذا افترضنا $\varepsilon > 0$ ما

فإن لدينا عندئذ ما يلي :

$$1 \rightarrow p\left\{\left|\frac{r_n}{n} - p\right| < \varepsilon\right\} \text{ حين } n \leftarrow \infty$$

حيث rn هو عدد تطبيقات E في n اختبارات مستقلة، وهو شكل من أشكال قانون الأعداد الكبيرة، الذي يمثل سنداً لتأسيس تصور حدسي للاحتمال بوصفه قياساً لتردد نسبي. وافترض جاك برنويي أن عدد الحالات المتوافقة مع الحالات الغير المتوافقة، بدقة أو بالتقريب، يقع في نسبة r/s ، وبحيث أن يقع العدد الكلي للحالات في نسبة $r/r+s$ أو r/t هي محتوى الحدود $r+1/t$ و $t/r-1$ وبالتالي فينبغي بيان أنه بالإمكان إجراء عدد من المحاولات بحيث يظهر في بعض مرات التكرار، في c ، تمثيلاً لا حصراً، بحيث يظهر تقريباً أن عدد الملاحظات المتوافقة لا بد أن تقع بداخل هذه الحدود لا خارجها، بمعنى أن نسبة عدد الملاحظات المتوافقة مع العدد الكلي لا بد أن يكون في نسبة أدنى أو مساوية للنسبة $r+1/t$ وأعلى أو مساوية للنسبة $r-1/t$.

من هنا فقد نشأ تصور الاحتمال الشرطي في أثناء حل مسألة تقنية. ولم يبحث بيز بوضوح عن حل مسألة الاستدلال الإحصائي. ولا تقع الصياغة المواربة لنظرية بيز في "رسالته" عن "حل مسألة عقيدة الحظوظ" (١٧٦٣).

وفي نهاية القرن الثامن عشر الميلادي كتب الرياضى والفيزيائى والفلكى بيار سيمون لابلاس *Théorie analytique des probabilités* (1749-1827) أو "النظرية التحليلية في الاحتمالات" (١٨١٢)، ثم *Essai philosophique sur les probabilités* "المقالة الفلسفية في الاحتمالات" (١٨١٤)، وكان قطعة نقود معدنية المزودج ذروة المرحلة الكلاسيكية. ومثلت رسالة لابلاس عام ١٨١٤ عن احتمال الأحداث العلية مشروعا رياضيا خالصا من الاعتبارات الاجتماعية كما كان الحال عند ج. برنويي، مومور، ن. برنويي... وقد بلغ بحث الاحتمال مرحلة متقدمة بالعمل الذى وضعه لابلاس مؤسس الاتجاه الكلاسيكى الذى ساد خلال القرن التاسع عشر الميلادى.

يفرق لابلاس بين فئتين :

١- الحدث غير يقينى لكن علة الاحتمال معروفة؛

٢- الحدث معروف لكن العلة مجهولة :

يستخلص لابلاس النتيجةين التاليتين :

$$(2) p(c_i | E) / p(c_j | E) = p(E | C_i) / p(E | C_j)$$

$$i, j \in \{1, \dots, n\}; i \neq j$$

$$(3) p(c_i | E) = p(E | c_i) / \sum_{j=1}^n p(E | c_j)$$

ويسجل رشدى راشد أن لابلاس هو العالم الأول الذى صاغ نظرية بيز فى الحال المنفصلة. كذلك كان لابلاس رائد افتراض تساوى الاحتمالات القبلية. ثم يطبق لابلاس مبدأه لحل المسألة التالية : إذا كان هناك صندوق يحتوى على عدد لامتناهى من التذاكر البيضاء والسوداء فى علاقة مجهولة وأن نخرج $p + q$ تذكرة حيث p بيضاء و q سوداء؛ ثم نطلب احتمال أنه حين نخرج تذكرة جديدة من هذا الصندوق أنها ستكون بيضاء. وبعد أن بين أن احتمال استخراج p تذكرة بيضاء و q سوداء، فى هذه الحال^(٤) :

$$x^p (1-x)^q,$$

لابلاس يطبق مبدأه ويجد أن احتمال كون العلاقة الحقيقية تكون بين x و $x + dx$ على النحو التالى :

$$x^p (1-x)^q dx$$

يستخلص لابلاس من (٤) احتمال أن الورقة الجديدة ستكون بيضاء :

$$(4) \frac{\int_0^1 x^p (1-x)^q dx}{\int_0^1 x^p (1-x)^q dx}$$

استنبط لابلاس من (٥) احتمال أن التذكرة الجديدة الطالع تكون بيضاء :

$$(5) \frac{\int_0^1 x^p (1-x)^q dx}{\int_0^1 x^p (1-x)^q dx}$$

إذا دمجنا (٤) بين $a \leq x \leq b$ ، نحصل على احتمال أن x ، النسبة الحقيقية بين عدد الأوراق البيضاء والعدد الكلى للأوراق، تقع بين a و b ، على اعتبار أننا استخلصنا p أوراق بيضاء و q سوداء :

$$(6) p[a \text{ } \chi \text{ } b | p \text{ } \text{blanc} \text{ } q \text{ } \text{noirs}] = \frac{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}$$

من هنا بلغ لابلان الحالة التي كان بيز قد استخلصها من قبل، من دون أن يكتفى بذلك، بل من خلال تعميم (٦)، حصل على :

$$(7) p[m \text{ } \text{blancs} \text{ } n \text{ } \text{noirs} | q \text{ } \text{noirs}] = \frac{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^{q+n} d\chi}{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}$$

إذا لم نأخذ بنظام فرز الأوراق $(m+n)$ فلا بد من ضربه بالمعامل مزدوج الحدود المطابق، وهنا يعنى ذلك ما يلى : $m+n$

وهو ما فسره كوندورسيه فيما بعد فى بحثه فى تطبيق التحليل فى الاحتمال. لكن لابلان استعاد (٦)، أى أنه استعاد حالة بيز، من خلال التحليل، ومن ثم من خلال كتابة أبسط وأفكار أوضح. لكن همه الأساس كان حل (٧)، من خلال الحسابات الضرورية كلها.

لكن الفرق بين كوندورسيه وغيره من الرياضيين فى القرن الثامن عشر الميلادي، أنه لم ينظر إلى حساب الاحتمال فى ذاته إنما نظر إليه بوصفه علما "وسيطا" *Discipline intermédiaire* بين الرياضيات والعلوم الاجتماعية. الفرق بين كوندورسيه وغيره من الرياضيين فى القرن الثامن عشر، أنه لم ينظر إلى حساب الاحتمال بوصفه مجالا للتطبيق الرياضى إنما نظر إليه بوصفه جزءا لا ينفصل من الإشكالية الكلية لترييض العقائد الغير الرياضية.

وقد سبق أن أشرنا إلى ظهور أول نظرية علمية فى الاحتمال فى العصر الحديث - وتسمى الآن عادة " بالنظرية الكلاسيكية " - خلال القرن الثامن عشر الميلادي. ومع تطور العلم زادت أهمية القضايا الاحتمالية فى مجال العلوم الاجتماعية. فقد صار الاحتمال الإحصائى ضروريا فى المجالات المجهولة وبخاصة فى مجال العلوم الاجتماعية. وعليه فقد بات من الضرورى بالنسبة للعلم أن يستعين بنظريات الاحتمال. لكن انطلق رشدى راشد فى نظرية الاحتمال، من عمل الفيلسوف الفرنسى المعاصر جيل جاستون جرونجيه *Gilles-Gaston GRANGER* الذى لعب دورا مهما فى إرساء أسس الرياضيات الاجتماعية فى تقديم نظرية العلوم المقارنة، من جهة مقارنة الإجراءات والإستراتيجيات التى يتوسل بها الفكر العقلى الشكلى فى مختلف مجالات العلوم الإنسانية الحديثة. كذلك ركز على الاقتصاد السياسى وعلاقة الرياضيات بالعلوم الاجتماعية عند كوندورسيه. فكوندورسيه هو الذى نحت مصطلح "الرياضيات الاجتماعية" ولم يقتصر على إدخال

"القياس" في العلوم الاجتماعية إنما تجاوز ذلك إلى تصميم مشروع علم اجتماعي رياضي. وأراد كوندورسيه أن تكتسب العلوم الاجتماعية الثقة التي اكتسبتها من قبلها العلوم المستقرة. ونبعت رغبته هذه ورغبة دالمبير بخاصة ورغبة فلاسفة التنوير الفرنسي بعامّة من التسليم المسبق بفكرة "وحدة المعرفة". وقد أقام هذه الوحدة على أساس من "النماذج النظرية" العلمية المحددة لا على مجرد اعتبارات فلسفية عامة.

وليس بإمكان القضايا القادمة من الوقائع سوى أن تكون موضع معرفة احتمالية. وموقف العلم التجريبي هذا هو أساس صعوبة تحليله. واقع الأمر أن المعرفة البنائية احتمالية بالضرورة، وذلك سواء أكانت رياضية خالصة أو تجريبية. وهذا هو أساس الاحتمالية الشاملة في فلسفة المعرفة عند كوندورسيه. من هنا فالعلوم الاجتماعية تكتسب الثقة نفسها التي لدى العلوم التجريبية الأخرى مثل الفيزياء. فمن الجهة النظرية، الملاحظة واحدة في العلوم التجريبية كافة، عدا أن الباحث الاجتماعي في العلوم الاجتماعية يمثل جزءاً من الظاهرة المدروسة : المجتمع.

كان كوندورسيه أول من فسر نظرية بيز. واستخدمها لصياغة نماذج الانتخابات بعامّة، وسلوك "الناخب" بخاصة، كما حددته نظرية المجتمع وأصله التعاقدية. كان كوندورسيه يريد أن يؤسس لعلم جديد، كما أسلفنا من قبل. وكان موضوع ذلك العلم هو دراسة شروط الاختيار بالنسبة ليقيننا من سلامة ذلك الاختيار. كان هدف الدراسة هو البحث في درجة الثقة التي تقبل حكم مجموعات تقل أو تزيد وتخضع لتعددية تقوى أو تضعف، وتشارك هيئات عدة مختلفة أو مجتمعة حول شخص واحد أو متكونة من بعض من تقل استنارتهم أو تزيد. نهضت فكرة كوندورسيه على أنه كما لا بد للناخب -موضوع العلم- أن يقرر وفقاً للحقيقة تقريراً احتمالياً، وبالقدر نفسه، يستخدم الرياضى حساب الاحتمال لتقويم الثقة في التكوين الغالب لقرارات الناخبين.

ويلجأ كوندورسيه إذن إلى بناء نماذج مختلفة باختلاف "الناخب" وسلوكه طبقاً أو ضد قواعده هو، أى وفقاً أو ضد الموقف الطبيعي لتجديد العقد الاجتماعي. فالعقد الاجتماعي، الحر، والذي يساوى بين البشر جميعاً، لا يأخذ أكثر مما يعطي، والواسطة الوحيدة للتناسب مع الآخرين، هو الانتخاب. ويلجأ كوندورسيه إذن إلى دراسة صحة احتمال قرار يتعلق بمجموعة معينة. مما أعاده إلى نظرية بيز. لكن لكي تتوافق هذه النظرية مع سلوك نموذج الناخب، حاول كوندورسيه صياغة نظرية في علم النفس العقلي- نظرية "دافع الاعتقاد". وقد أثار من هنا ولأول مرة، مسألة سلوك الاستدلال في لغة علم النفس العقلي. ورأى كوندورسيه أن منهج بيز يقدم لنظرية الاعتقاد أو لنظرية المصادقية، قياساً دقيقاً، وأداة إجرائية، لتقرير أحسن الأحكام. وجرى هذا القياس على النحو التالي :

- ١- إذا كان احتمال وقوع واقعة أكبر من احتمال وقوع الواقعة العكسية، ففي هذه الحال، لدينا دافع للاعتقاد في الوقوع القادم للواقعة، ولا يعود لدينا دافع للاعتقاد في امتناع وقوعها؛
- ٢- كلما كان احتمال وقوع الواقعة أكبر من احتمال وقوع الواقعة العكسية، فإنه في هذه الحال، لا بد أن يكون الدافع قوياً؛
- ٣- ينمو الدافع نمواً يتناسب مع هذا الاحتمال.

على أن كوندورسيه يؤكد أن هذه القضايا ليست مستقلة الواحدة عن الأخرى، وأنه نقدر أن نستنتج القضيتين الأخيرتين، من القضية الأولى. والتحليل التفصيلي لفكر كوندورسيه يؤيد أن المسألة هي مسألة "تقويم"، وأنه بالإمكان حلها بواسطة الصياغة التي سبق أن أوردناها من قبل في هذا الباب، ألا وهي صياغة رشدي راشد لقانون بيز :

$$(*) \frac{\int_0^1 (p) \chi^p (1-\chi)^q dx}{\int_0^1 (p) x^p (1-x)^q dx}$$

حيث x تمثل الاحتمال القبلي للحدث E .

٤-٧- الاحتمال في القرن العشرين

طور الرياضى الروسى كولمجروف $A.N. Kolmagrov$ عام ١٩٣٣، الحساب المجرد للأشكال الاحتمالية بوصفها مجموعات وظيفية. وقد وحدت هذه النظرية بين حساب الاحتمالات من خلال النظرية العامة لقياس نقاط المجموعات. بالإمكان أن نسمى هذا النمط من الحساب المجرد، بالنمط المنطقي، وهو الذى أقامه كينز (١٩٢٠)، هانز رايشنباخ (١٩٣٢)، هارولد جيفرز (١٩٣٩) وآخرون. مع ذلك، فنظرية الاحتمال فرع من فروع الرياضيات البحتة، حيث نستنبط النتائج من بديهيات معينة. وهذه الفكرة هي ربط الاحتمال ببدايات أو مصادرات محسوبة وحسب. فأى أمر يتوافق وهذه البدايات هو "تفسير" لحساب الاحتمال، وبالإمكان أن تكون هناك تفسيرات متعددة ممكنة، ولا واحد منها أكثر صحة أو أقل شرعية من الآخر، ولكن ربما يكون بعضها أكثر أهمية من البعض الآخر.

وراجع علماء الرياضيات في القرن العشرين النظرية الكلاسيكية في الاحتمال. ففي إطار نظرية توماس بيز، صار "تساوي الإمكان" لا يمكن فهمه إلا بمعنى "تساوي الاحتمال"، أي أن توماس بيز صادر على المطلوب. عندما نرمي بقطعة نقود معدنية، فإن نتيجة ظهور أحد الوجهين تكون متساوية، لأننا نعرف أنه ليس ثمة ميل لظهور وجه دون ظهور آخر. وبالمثل في لعبة الروليت، فليس هناك سبب لسقوط الكرة في جزء منها، أكثر من سقوطه في آخر. وأيضا في لعب الورق، فإذا كان لورق اللعب نفس الحجم والشكل، وظهر كل منهما متماثلا مع الآخر، وتم خلطه جيدا (تفنيطه)، إذن لكان احتمال توزيع ورقة منها على لاعب، متساويا تماما مع لاعب آخر. مرة أخرى، شروط تساوي الاحتمال هنا متحققة. ولكن - ولا يزال الكلام لميزس - لم يوضح المؤلفون الكلاسيكيون، كيف بالإمكان تعريف الاحتمال على مواقف متعددة فإذا أخذنا بعين الاعتبار جداول الوفيات، نجد أن شركات التأمين تعرف نسبة احتمال أن يعيش رجل في الأربعين من عمره، في الولايات المتحدة، وليس مصابا بأمراض خطيرة، أنه سوف يعيش في نفس التاريخ من العام التالي. ينبغي عليهم أن يكونوا قادرين على حساب احتمالات هذا النوع، لأنهم بهذا يكونون قادرين على وضع القاعدة التي تقرر الشركة على أساسها تأميناتها. سأل العالم النمساوي-المجري-الأمريكي ريتشارد فون ميزس *Richard von Mises* (1883-1953) : ما هي الحالات المتساوية الإمكان بالنسبة إلى هذا الرجل؟ ويضرب المثال التالي : يطلب السيد سميث *Smith* تأمينا للحياة، ترسله الشركة إلى طبيب، يقرر الطبيب أن سميثا خال من الأمراض الخطيرة. وتبين شهادة ميلاده أن عمره أربعون عاما. ترجع الشركة إلى إحصائيات وفياتها. وعلى أساس احتمال حياة الرجل المتوقعة، تقدم له شهادة تأمين على فئة معينة، ويمكن للسيد سميث أن يتوفى قبل أن يناهز عمره الواحد والأربعون، كما يمكنه أن يعيش ليصبح في عمر المائة. احتمال الحياة بالنسبة له سنة أخرى زيادة، يقل شيئا فشيئا، لأنه يكبر في العمر. افترض أنه يتوفى في عمر الخامسة والأربعون، هذا شيء سيئ بالنسبة إلى شركة التأمين، لأنه دفع أقساطا قليلة، والآن سيدفعون ٢٠ ألف دولار للمنتفعين من تأمينه. أين الحالات المتساوية الإمكان هنا؟ وهكذا فهذه حسابات ممكنة، ولكنها ليست متساوية الإمكان، لأن وفاته في سن المائة والعشرين بعيد الاحتمال إلى حد بعيد.

وأشار ريتشارد فون ميزس إلى مواقف مماثلة تتعلق بتطبيق الاحتمال في العلوم الاجتماعية، أوفي الطقس، أوفي الفيزياء. فمثل هذه الحالات لا تشبه ألعاب الحظ التي تكون النتيجة فيها ممكنة، ويمكن تصنيفها بدقة إلى ن من الحالات المتبادلة والكاملة تماما، بحيث تحقق شرط تساوي الإمكان. أما إذا كان الأمر متعلقا بجسم صغير من عنصر مشع، فهو إما أن يصدر في اللحظة التالية جسيم ألفا، أو لا يصدر. يذكر الاحتمال أن الجسيم يصدر ٣٧٤ حالة، من أصل عدد الحالات المعينة. إذن أين الحالات المتساوية الإمكان هنا؟ لدينا حالتان : إما أن يصدر جسيم ألفا في اللحظة التالية أو لا يصدر.

وأكد ريتشارد فون ميزس ورايشنياخ من بعده، أن الاحتمال ليس هو عدد الحالات، وإنما هو قياس لعلاقة تكرارية نسبية. وكان ميزس أول من أدخل استعمال تكامل *STIELTJES* في "wahrscheinlichkeitrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theorisches Physik" حساب الاحتمالات واستعماله في الإحصاء والفيزياء النظرية" (١٩٣١). أما العلاقة "التكرارية المطلقة"، فإن ريتشارد فون ميزس يعنى بها العدد الكلى للأحداث، مثل عدد الناس الذين توفوا فى لوس أنجلوس العام الماضى من مرض التدرن. ولكنه يعنى "بالتكرار النسبى"، نسبة هذا العدد إلى فئة أوسع قمنا بفحصها وهى العدد الكلى لسكان لوس أنجلوس. قال ريتشارد فون ميزس إنه بالإمكان الكلام عن ظهور وجه معين من رمية زهر، ليس فقط فى حالة زهر جيد، حيث تكون النسبة $6/1$ ، وإنما أيضا فى حالات كل نماذج الزهر. افترض أن شخصا ما يؤكد أن نسبة احتمال ظهور الواحد فى الزهر الذى يحمله ليس $6/1$ لكنه أقل من $6/1$ ويقول شخص آخر اعتقد أن احتمال ظهور الواحد أكثر من $6/1$. أشار ميزس إلى أنه لكى نعلم أن الرجلين معتدلان فى تأكيداتهما المتباينة، يجب أن ننظر إلى الطريقة التى بها أسسا حكميهما. ولا يتسنى ذلك إلا بإجراء اختبار تجريبي.

سوف يلقيان بزهره النرد عددا من المرات، ويسجلان عدد الرميات وعدد الآسات التى تظهر. كم من المرات سيلقيان بالزهر ؟ افترض أنهما ألقيا به ١٠٠ رمية، ووجد أن الآس ظهر ١٥ مرة. وهذا يقل قليلا عن $6/1$ الـ ١٠٠، ألن يثبت هذا أن الرجل الأول على حق ؟ " كلا ". يمكن أن يعترض الرجل الآخر بقوله "أننى مازلت على اعتقادى أن الاحتمال أكبر من $6/1$. فمائة رمية غير كافية لاعتماد الاختبار " وربما يستمر الرجل فى قذف الزهر حتى يصل عدد الرميات إلى ٦ آلاف رمية، فإذا ظهر الآس أقل من ألف مرة، سيقر الرجل الآخر بقوله، إنك على حق، إنها أقل من $6/1$.. ولكن لماذا توقف الرجل عند الرقم ٦ آلاف ؟ إذا كانت الرميات بعد الـ ٦ آلاف، فإن عدد الآسات يقترب من الألف، وعلى هذا الأساس، فإنهما ينظران إلى المسألة باعتبار أنها لم تحل، فإن أى أحرف بسيط يمكن أن يؤدي إلى المصادقة، أكثر مما يحدث فى الانحراف فى الاتجاه المضاد ولإجراء اختبار أكثر إحكاما، فإن الرجلين سيقرران المضى فى الرمي إلى ٦٠ ألف رمية. وبوضوح، ليس هناك حد نهائى لعدد الرميات. لأن عدد الرميات مهما كان كبيرا، ففي اللحظة التى يتوقف عندها الرجلان، سوف يؤكدان بشكل حاسم على أن احتمال ظهور العدد آس هو $6/1$ أو أقل من $6/1$ أو أكثر من $6/1$. كيف بالإمكان إذن أن نعرف الاحتمال طبقا لحدود تكرارية ؟

يؤكد ريتشارد فون ميزس ورايشنباخ على أنه بالإمكان تعريفه، ليس كعلاقة تكرارية فى سلسلة نهائية، ولكن كحد من علاقة تكرارية فى سلسلة لانهائية. وكان هذا التعريف، هو الذى ميز وجهة نظر كل من ميزس ورايشنباخ، من وجهة نظر ر.أ. فيشر *R.A.Fisher* فى إنجلترا، ورجال إحصاء آخرين، ممن انتقدوا

النظرية الكلاسيكية، وأدخلوا المفهوم التكرارى للاحتتمال ليس من طريق التعريف، وإنما باعتباره حدا أوليا فى نظام بديهي. وبالطبع ليس بالإمكان ملاحظة سلسلة لانهائية. لكن بالإمكان استتباط عدد من المبرهنات على أساس تعريفهما، وبمساعدة هذه المبرهنات، نستطيع أن نستخلص النتائج. ففى مثال الزهر نستطيع أن نقول أن احتتمال ظهور الآس أكبر بقليل جدا من $\frac{6}{1}$. وربما يمكن حساب "قيمة هذا الاحتمال. فالوقائع التى تحدد المفهوم تستخدم فى التعريف، كما أن الاستنتاج يقوم على سلسلة لا نهائية. ولقد وافق رايشنباخ على وجهة النظر التى تقول أن مفهوم الاحتمال يقوم على تكرار نسبى فى سلسلة لا نهائية، وأنه المفهوم الوحيد للاحتتمال المقبول فى العلم.

أما التعريف الكلاسيكى فهو مشتق من مبدأ اللامبالاة. لاشك أن التعريف الحديث مناسب جدا للظواهر الإحصائية، ولكن كيف يمكن أن ينطبق على حالة فردية ؟ يعلن عالم الأرصاد الجوية أن احتمال سقوط المطر غدا نسبته $\frac{3}{2}$. " وغدا " هذا يشير إلى يوم بعينه وليس إلى غيره، مثل وفاة شخص مؤمن عليه بتأمين على الحياة، فهو حالة فردية، حدث لا يتكرر، ومع ذلك نريد أن ندخله فى الاحتمال.

قنع ريتشارد فون ميزس بأن ذلك لا يمكن فعله، واكتفى بأن استبعد الحالات الفردية من القضايا الاحتمالية. أما رايشنباخ فقد كان على بينة من أنه - فى العلم، وفى الحياة اليومية - ولا مناص من صياغة قضايا احتمالية - لحالات فردية. ومن ثم، لابد - فى رأيه - أن نعثر على تفسير مقبول لمثل هذه القضايا. ومن السهل أن نعثر على ضالتنا المنشودة فى مجال التنبؤ بالطقس. فإذا أتيح لعالم أرصاد جوية الاطلاع على عدد كبير من التقارير التى تتحدث عن حالة الطقس فى الماضى. فإن ذلك يزوده بمعلومات عن حالة الطقس اليوم. وتبين له أن طقس اليوم ينتمى إلى فئة معينة، وأنه فى الماضى، عندما حدث طقس هذه الفئة، فإن التكرار النسبى لسقوط المطر فى اليوم التالى كان $\frac{3}{2}$. ومن ثم نجد أن عالم الأرصاد الجوية - طبقا لرايشنباخ - يقوم بعمل " ترجيح " *a posit*، وذلك لأنه يفترض أن التكرار للـ $\frac{3}{2}$ ، يقوم على سلسلة نخائية من الملاحظات، ولكنها سلسلة طويلة نسبيا، وهى أيضا حد من سلسلة لانهائية وبكلمات أخرى، نراه يقدر الحد بالمقدار التقريبى $\frac{3}{2}$. وبالتالى نجده يصوغ القضية : " احتمال سقوط المطر غدا $\frac{3}{2}$ ".

ويؤكد رايشنباخ على أن عبارة عالم الأرصاد الجوية موجزة. أما إذا أراد توسيعها لتعطى معنى كاملا فإنه يقرر : " بناء على ملاحظاتنا الماضية فإن حالة الطقس اليوم تهيئ سقوط المطر فى اليوم التالى بنسبة تكرارية تساوى $\frac{3}{2}$ ". وتبدو القضية المختزلة كما لو أنها تطبق الاحتمال على حالة فردية، ولكن ذلك يرجع فقط إلى طريقة الحديث. وحقيقة أن العبارة تشير إلى تكرار نسبى فى سلسلة طويلة، وأن العبارة فى الرمية التالية للزهر، فإن احتمال ظهور الآس يساوى $\frac{6}{1}$ " صادقة بالمثل. إذ أن " الرمية التالية " مثل " الطقس غدا

" كلاهما حادث منفرد، ووحيد. وعندما نعزو احتمالا لها، فإننا نتحدث حقيقة بإيجاز عن تكرار نسبي في سلسلة طويلة من الرميات.

قصد كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN* من وراء إسهامهما وضع رجل السوق في موضع الرهان من دون الاقتصاد على وضع المقامر في موضع رجل السوق. من هنا صار بالإمكان تفسير وجود الدالة وتبريرها، بحيث تراقب قيمة أملها خيارات الذات. ولا بد أن يحذو رجل السوق حذو المقامر بحيث يصبح سلوكه حالة خاصة من حالات المقولة العامة وبحيث يؤدي علم الاحتمال دور العلم الوسيط في تريبض الاشكلي.

وتقوم أصالة الموقف الحديث على تغيير العلاقة بين رجل السوق ورجل الاحتمال. عند د. برنوي *D. BERNOULLI*، إذن، كان على رجل الاحتمال أن يسلك تبعا لعقيدة المنفعة لكي يجتنب النتائج المتضاربة. أما عند كل من فون نيومان ومورجنشترن، فإن رجل السوق، الذي صار رجل الاقتصاد عند الهامشيين، يخضع لمجموعة من الضوابط التي تعبر مصادرات النظام عنها، وبالتالي فهو يتوسل بالاحتمال. وصار هدف عالم الرياضيات الحديث إخضاع مبادئ عقيدة المنفعة لفروض علم الاحتمال في القياس كما عند كل من فون نيومان ومورجنشترن، أو من خلال اشتقاق قياس المنفعة من مطادات الاحتمال نفسها كما عند سافج *SAVAGE*. ومن هنا صارت مبادئ عقيدة المنفعة تشتق من نظام المصادرات حيث يمثل الاحتمال إحدى هذه المصادرات، وحيث بالإمكان اشتقاق الاحتمال، ثم يصبح الاحتمال أداة برهان دالة المنفعة.

يعنى تطبيق الاستقراء على لغة العلم أنه بالإمكان صياغة مجموعة من القواعد التي تقبل الاستخلاص الآلي للوقائع من النظريات. إذ بالإمكان، تمثيلا لا حصرا، أن يصوغ عالم الطبيعة قواعد تمكنه من تسجيل مائة ألف قضية مختلفة، وعندئذ، يتمكن من وضع نظرية عامة (نسق من القوانين) يفسر بها هذه الظواهر الملاحظة، عن طريق التطبيق الآلي لتلك القواعد. تلجأ النظريات بعامة والنظريات التجريدية بخاصة، إلى استخدام إطار تصوري يمضي بعيدا وراء الإطار المستخدم لوصف المادة الملاحظة، ويقدر الباحث أن يتبع إجراء آليا معتمدا قواعد مقرررة ويستخرج منها نسقا جديدا من المفاهيم النظرية، وبمساعدة هذه المفاهيم يتوصل إلى نظرية. إن ذلك يتطلب براعة خلاقة. بالإمكان استقراء كل القضايا الملاحظة المناسبة، ونحصل، كنتيجة لذلك، على نسق مرتب من القوانين التي تفسر الظواهر الملموسة. إذن يوافق رشدى راشد على وجهة النظر التي تقول إنه بالإمكان استقراء الاحتمال آليا وخاصة إذا كان هدف الآلية هو اختراع نظريات جديدة.

لم يعد وجود بعض دوال المنفعة التي كان دورها هو ترجمة مبادئ النظرية، كما كان عند د. برنوي، أقول إنه لم يعد وجود بعض دوال المنفعة وجودا مفروضا إنما صار وجودا نابعا من فروض الاحتمال ومن

نظام المصادرات. أما عند كل من فون نيومان ومورجنشترن ، فإن الافتراض هو اشتقاق قياس المنفعة من الاحتمال، وأن مواصلة المنفعة تقدر وحدها ضبط التوزيع أو السلوك، وأن خيارات الذات تتعلق بالمنافع المقارنة، وذلك كله من أجل بناء قياس المنفعة وضبط الخيارات. يهدف كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN*، إذن، بيان أن مبادئ المنفعة تصدر عن سلوك يحقق المصادرات بعامة، ومصادرة الاحتمال بخاصة. وفي هذه الحال، أراد الباحث أن يعتبر السلوك قرارا بين الخيارات اليقينية وغير اليقينية على السواء. ويُسمى الباحث المسار الاحتمالي ذلك المسار الذي يتبع ما يلي :

On désigne $[\alpha, x_1(I - \alpha)x_2]$ avec x_1, x_2 , les perspectives possibles, $\alpha, (I - \alpha)$

هذه الأخيرة هي احتمالاتها.

ومن هنا فبعد تقديم نظام المصادرات التي يحققها السلوك، بين كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN* أن هناك دالة u تحمل متغيرا واقعيا:

$$1) X_1 \geq X_2 \Leftrightarrow u(X_1) \geq u(X_2)$$

$$2) u[\alpha X_1, (I - \alpha)X_2] = \alpha u(X_1) + (I - \alpha)u(X_2) \alpha \in [0, I]$$

u وحيد، بتقريب تحويلي خطي.

من هنا نرى أن منفعة المسار الاحتمالي محسوبة بواسطة قواعد حساب الاحتمال. وتعتبر القضية (٢) عن قاعدة حساب منفعة المسار الاحتمالي بوصفها قاعدة أمل المنفعة. وعلى خلاف فون نيومان ومورجنشترن، لم يدخل سافج *SAVAGE* الاحتمال منذ البداية. أراد سافج *SAVAGE* أن يبين أنه حين يختار شخص ما بين أفعال ممكنة يحقق بعض المصادرات العقلية، فإنه يربط، باطنيا، بين الأحداث قابلة التحقيق والأعداد التي تمتلك خواص الاحتمالات كلها، وهي الاحتمالات المسماة "الاحتمالات الذاتية". وبعد بيان الاحتمالات نقدر حساب الخيارات التي قد يختارها الشخص بين بعض الأفعال البسيطة. كذلك قد نبني دالة المنفعة الخطية، بمعنى كل من فون نيومان ومورجنشترن ، مما يرد الخيارات كلها بين الأفعال إلى مقارنة بين منافع مترابطة^(٢٠)

S هو مجموع حالات الطبيعة أو احتمالات، من عناصر $S, \dot{S}, S \dots$

F مجموعة النتائج، والمكون من العناصر $f, g, h \dots$

$\dot{f}, \dot{g}, \dot{h}, \dots$ مجموعة تطبيقات S في F والمكونة من عناصر \leq هي علاقة ثنائية مسماة بالعلاقة الاختيارية وتقرأ "غير مفضلة عن أ".

المصادر :

المصادرة الأولى : العلاقة \leq - "غير مفضلة عن أ" - هي نظام سابق تام من الأفعال.

$Ax II$ Si \dot{f}, \dot{g} , et \dot{f}', \dot{g}' et \dot{f}', \dot{g}' sont tels que

1) dans $\sim B f(s) = g(s), f'(s) = g'(s)$

2) dans $\sim B f(s) = f'(s), g(s) = g'(s)$

إذن : $\dot{f} \leq \dot{g} \Leftrightarrow \dot{f}' \leq \dot{g}'$

$Ax III$ $f \equiv g \dot{f}' \equiv g' B$ non nul, alors $(f \leq \dot{f}') / B \Leftrightarrow g \leq g'$ (donc $\Leftrightarrow \dot{f} \leq \dot{f}'$)

$Ax IV$ Si $\dot{f}, \dot{f}', g, g'; A, B; \dot{f}_A, \dot{f}_B, \dot{g}_A, \dot{g}_B$ Sont tels que

1) $\dot{f}' < \dot{f} g' < g$

2) a) $f_A(s) = f, g_A(s) = g$ pour $s \in A$

$f_A(s) = f', g_A(s) = g'$ pour $s \in A$

b) $f_B(s) = f, g_B(s) = g$ pour $s \in B$

$f_B(s) = f', g_B(s) = g'$ pour $s \in B$

3) $\dot{f}_A \leq \dot{f}_B$

alors $\dot{g}_A \leq \dot{g}_B$

المصادرة ٥ : يوجد على الأقل زوج نتائج $f, f'; f' < f$

المصادرة ٦ : إذا كان $\dot{g} < \dot{h}$ ولكل $f \in F$

فان تعديلا طفيفا من \dot{g} الى \dot{g}' يكون ممكنا بحيث $\dot{g}' < \dot{h}$

التعريفات :

تعريف ١ ل $\dot{f} \leq \dot{g} / B$ اختيار على الأفعال بحيث يتحقق الحدث B

تعريف ٢ للاختيار من النتائج بوصفها علاقة جوهرية

تعريف ٣ للعلاقة الثنائية ٠ ≤ بوصفها علاقة مرتبة بين الوقائع.

تعريف ٤ للعلاقة ٠ ≤ بوصفها احتمالا كيفيا

تعريف ٥ لطبقات الألعاب $\vec{f} = \sum_i p_i f_i$

تعريف ٦ للمنفعة بوصفها دالة $u \rightarrow IR$

$$\vec{f} = \sum_i p_i f_i$$

$$\vec{g} = \sum_j \sigma_j g_j$$

$$\vec{f} \leq \vec{g} \Leftrightarrow \sum_{p_i} u(f_i) \leq \sum_{\sigma_j u(g_j)}$$

المبرهنات :

مبرهنة ١ : إذا افترضنا أن $[B_i, i \in I]$ هي تجزيء المجموعة، وإذا افترضنا كذلك أن أيًا كان $i \in I$ ، وأيًا كان $s \in B_i$ ، و $f(s) = f_i$ ، $g(s) = g_i$ ، و $f_i \geq g_i$ ، فإن $(f' \leq g')/B$ ، إذا كان هناك $i_0 \in I$ ؛ $f_{i_0} < g_{i_0}$ إذن $(f' < g')/B$

مبرهنة ٢ : \leq هي مستقيمة.

مبرهنة ٣ : \leq هي متراسة.

مبرهنة ٤ : توجد ن - تجزيء المجموعة نصف منتظمة.

مبرهنة ٥ : يوجد احتمال كمي نصف متوافق مع \leq وهو وحيد.

مبرهنة ٦ : يوجد احتمال كمي متوافق .

مبرهنة ٧ : يوجد احتمال شرطى كمي متوافق .

مبرهنة ٨ : إذا $\vec{f}_1 \leq g \leq \vec{f}_2$ يوجد $0 < \alpha \leq 1$ وحيد $\rho \vec{f}_1 + (j + \rho) \vec{f}_2 = \vec{g}$

مبرهنة ٩ : يوجد الاقتران النافع.

لبناء نموذج السلوك، يفترض سافاج أن الشخص يختار دوماً بين أفعال عدة وأن هذه القرارات متعددة. وحتى في حال أن يتمتع تعادل فعلى الخيار، يكفى الربط بين التحسين اللامتناهي ونتائج أحد الفعلين، لتأمين خيار الشخص. وقد ينطوى ذلك الخيار بعد ذلك على مضمون معين. إن حساسية الشخص تجاه أى نمو لدخله وإن كان ضئيلاً، تبقى، فى التحليل الأخير، التأسيس الأكثر احتمالاً، بحسب سافاج، لإمكان الخيار ومضمونه.

تضع المصادرة الأولى سابقة الذكر، فكرة وجود نظام سابق تام لمجموع الأفعال. ولتطبيق هذا النظام المسبق على الأفعال، فى حال توافر المعلومات الجزئية- يدخل سافاج المصادرة (٢)، وبواسطة المصادرة الأولى، والمصادرة الثانية، يحد ٢ مع التسليم بأن الحدث ب قد تحقق -الحد (١)- بوصفه نظاماً سابقاً تاماً للخيارات المشروطة على الأفعال. والمصادرة (٣) تؤسس لتطبيق هذا النظام السابق التام على النتائج، وبواسطة هذه المصادرة، والحد (١)، نقدر أن نحد هذا النظام السابق بوصفه علاقة جوهريّة، أى نحد هذا النظام السابق بوصفه نظاماً مستقلاً للاحتمالات -الحد (٢)- ثم يورد الباحث، بواسطة هذين الحدين، المبرهنة الأولى أو مبرهنة الخيارات الشرطية :

مبرهنة ١ : إذا افترضنا أن $[Bi, i \in I]$ هى تجزيء المجموعة، وإذا افترضنا كذلك أن أياً كان $i \in I$ ، وأياً كان $s \in Bi$ ، و $f(s) = fi$ ، $g(s) = gi$ ، و $fi \leq gi$ ، فإن، $(f' \leq g')$ ، إذا كان هناك $I_0 \in I$ ؛ $fi_0 < gi_0$ إذن: $(f' < g')/B$

من هذه المبرهنة الأولى، ومن مصادرتين إضافيتين، شرع سافاج فى التحليل الصورى للحدس بما يلى : "ليس الحدث، أياً كان، أكثر احتمالاً من الحدث الآخر." وكان قصده هو أن ينسب فعلاً معيناً إلى كل حدث على حدة، وفقاً لنظام الأسعار. على أنه إذا كان هذا الارتباط بين الفعل والحدث يؤسس لتعريف نظام سابق للأفعال، لا نريد أن يتبع هذا النظام حركة الأسعار. وتضمن المصادرة الرابعة ذلك. وتستبعد المصادرة الخامسة الضرورية لكن غير الحاسمة، اللامبالاة العامة. وتؤسس المصادرة الرابعة والمصادرة الخامسة، لتعريف -الحد (٣)- العلاقة \leq بوصفها علاقة منظمة بين الأحداث. وتقود هاتان المصادرتان وهذا الحد المتوافقة مع النظرية الأولى، إلى تعريف العلاقة \leq بوصفها علاقة احتمالية كيفية. ويريد سافاج أن يبين بعد ذلك أن بعض الشروط المفروضة على \leq تؤسس لوجود قياس احتمالى شبه متوافق أو متوافق كلياً، مع \leq . ويضع المصادرة السادسة التى تؤدى إلى وجود احتمال كمى -ذاتى- متوافق تماماً مع الاحتمال الكيفى المبني سلفاً. وهذا الاحتمال الكمى يحول المقارنة بين الأفعال إلى مقارنة بين الأعداد، مما يؤسس لحساب الخيارات. ونستنبط هذا الاحتمال الكمى. وأخيراً، لإتمام حسنة حساب الخيارات، يستنبط سافاج وجود الاقتران النافع.

من هنا يصبح فعل ما أقل استحساناً من فعل آخر، إذا كان أمل منفعته أصغر عددياً من الأمل الآخر، والمقارنة بين الأفعال تصبح المقارنة بين آمال منافعها.

وتبين إعادة بناء رشدى راشد لبرهان سافاج، أن نظام الاستنباط يطبق نظام الدلالات، بمعنى أن التجميع الدلالى للقضايا الاحتمالية، والاحتمال الكيفي، والاحتمال الكمي والمنفعة، هذا التجميع الدلالى يحكم مراحل البرهان الرياضى نفسه. ودالة المنفعة تتبع دالة الاحتمال الشرطى الكمي المتوافق، وتتبع دالة الاحتمال الشرطى الكمي المتوافق، دالة الاحتمال الكيفي، وفي نهاية التحليل، تتبع دالة الاحتمال الشرطى الكمي المتوافق، الاختيار المشروط للأفعال. وضوابط السلوك تضبط سلوك "رجل السوق" هي الضوابط التى لا بد أن يخبرها "رجل الاحتمال".

٤-٨- العام داخل ما قبل العلم

وقد قاد "رجل الاحتمال" ومشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية، رشدى راشد إلى البحث فى علم الميكانيكا وعلم المناظر وغيرهما من العلوم الطبيعية التى سبق أن مرت بالدور الغير الشكلي، الغير الرياضى. ففي أثناء البحث فى تاريخ المناظر قبل الرياضية كشف رشدى راشد عن دور اسحق نيوتن ثم رنيه ديكارت ثم ابن الهيثم حيث انفصلت المناظر الفيزيائية عن المناظر الهندسية، ثم عاد إلى اقليدس. أما بالنسبة للميكانيكا فقد عاد إلى جاليليو ثم جاليليو فى المتن اللاتينى ثم كشف عن الدور العربى فى تاريخ تطور علم الميكانيكا قبل الترييض الحديث.

من جهة أخرى، كشف رشدى راشد، فى أثناء البحث فى التوافق عند ليبينتز وريمون لول ومثلث بلير بسكال بخاصة وفى القرن السادس عشر الميلادى بعامة، عن التوافق العربية الكلاسيكية. وكشف من جهة ثالثة عن الطابع النظرى الخالص للرياضيات العربية واتصالها بالتصور المحدد للحداثة العلمية. من هنا تعددت صور المعرفة قبل العلمية الحديثة-الكلاسيكية. وتفككت القطيعة التامة بين العلم وما قبل العلم. وأدخل رشدى راشد أدوات أخرى كأداة "التقليد" وغيرها من الأدوات الجديدة فى كتابة تاريخ الرياضيات وفلسفتها.

وأدى عمل رشدى راشد إلى رفض تصور تكوين الروح العلمى فى المدرسة الفرنسية منذ القرن التاسع عشر الميلادى. كان تكوين الروح العلمى ينقسم إلى ثلاث مراحل تاريخية كبرى. وأخذ سان سيمون (١٧٦٠-١٨٢٥)، عن طبيب مغمور من معاصريه، هو الدكتور بوردان *BURDIN* أن العلوم بدأت تخمينية، ثم تدرجت إلى الحال العلمى بحسب بساطة موضوعها، فتكونت الرياضيات، وتبعها الفلك، فالكيمياء. وكان هذا الطبيب يقسم تاريخ العقل الإنسانى إلى ثلاثة عصور : الأول تخمينى يذهب من تعدد الآلهة إلى إله واحد،

والثانى وسط بين التخمين والواقعية يذهب من تصور علة غير منظورة إلى تصور القوانين، والثالث وضعي-علمى يرمى إلى تفسير العالم بقانون واحد. وتواصل قانون " الدرجات الثلاث" الذى كشف عنه بوردان، فى الفكر الغربى إلى أجست كومننت. فإن دراسة الإدراك الإنسانى من الجهات كافة، وخلال الأزمان كافة، يدلنا على قانون ضرورى يخضع له العقل، نستبينه من وقائع النظام الاجتماعى، والتجارب التاريخية المتوارثة. فإن أفكارنا الأولية ومدركاتنا كافة، وكل فرع من فروع المعرفة، لابد من أن ينتقل على التوالى بثلاث حالات مختلفة. الحالة الأولى اللاهوتية أو التصورية التخيلية. والحالة الثانية الميتافيزيقية الغيبية، أو المجردة والحالة الثالثة اليقينية الإثباتية أو الوضعية. هذا هو قانون الدرجات الثلاث. وبالإمكان أن نحصر القول فى هذا القانون بأن العقل الإنسانى فيه بطبيعته كفاءة لأن ينتحى ثلاث طرق مختلفة للنظر فى الأشياء والكلمات كافة. وطبيعته فى كل من تلك الطرق تختلف عن الأخرى تمام الاختلاف، بل إننا لا نبالغ إذا قلنا إنها تتضاد تمام التضاد. من هنا ينتج ثلاثة ضروب من الفلسفة أو بالأحرى ثلاثة أساليب للتفكير فى اكتناه حقيقة الظواهر كل منها تنافى الأخرى. أما الأسلوب الأول فخطوة ضرورية يبدأ بها العقل فى سبيل تفهم الحقائق أو البحث عن مصادرها. وأما الأسلوب الثالث فيمثل العقل فى آخر حالات ارتكازه على الحقائق البارزة الملموسة. وليس الأسلوب الثانى إلا خطوة انتقالية تتوسط بين الأسلوبين.

أما العقل فى الدرجة اللاهوتية -الدينية، فإنه يبحث فى طبيعة الأشياء وحقائقها، وفى الأسباب الأولى والعلل الكاملة، يبحث فى الأصل والماهية والقصد من كل الأشياء التى تقع تحت الحس. وعلى الجملة يبحث فى " المعرفة المطلقة" وهناك يفرض أو يسلم بأن كل الظواهر الطبيعية ترجع إلى الفعل المباشر الصادر عن كائنات تختفى وراء الطبيعة المرئية .

أما فى الدرجة الثانية، فى الحالة الميتافيزيقية الغيبية، وهى ليست إلا صورة معدلة عن الدرجة الأولى، فإن العقل يستبدل فرض الكائنات السائدة على الطبيعة، بفرض قوات مجردة أو شخصيات محققة الوجود فى نظره، فى مستطاعها إحداث مختلف الظواهر. وليس ما يعنى فى هذه الدرجة من تفسير الظواهر إلا نسبة كل منها إلى مصدره الأول.

أما فى الدرجة العلمية، وهى الدرجة اليقينية، فإن العقل، يكون قد اطرَح طريقة البحث العقيم وراء الأسباب المجردة، وأصل الوجود الكونى ومنقلبة، والعلل الأخيرة التى تعود إليها الظواهر، وألقى بجهوده فى سبيل معرفة السنن التى تحكمها. هنالك يتحد العقل والمشاهدة ليكونا أساس المعرفة، فإذا تكلمنا فى هذه الحال فى تفسير حقائق الكون، فلا نخرج عن إيجاد صلة بين ظاهرة من الظواهر، وبين مجموعة من الحقائق العامة التى يقل عددها تدرجا بحسب تقدم العلم اليقينى.

وصارت المرحلة الأولى عند جاستون باشلار، في القرن العشرين، تمثل الحالة قبل العلمية وتشمل العصر الكلاسيكي القديم وعصر النهضة والجهود العلمية في القرن السادس عشر والقرن السابع عشر وحتى القرن الثامن عشر؛

المرحلة الثانية تمثل الحالة العلمية وتمتد من أواخر القرن الثامن عشر إلى مطلع القرن العشرين؛

المرحلة الثانية تمثل الحالة العلمية وتمتد من العام ١٩٠٥ حين غيرت نظرية أينشتاين في النسبية التصورات الأولية الثابتة ثم ظهرت الميكانيكا الكوانتية، والميكانيكا التمجعية، وفيزياء المصفوفات، وميكانيكا ديراك، والميكانيكيات المجردة، والفيزيائيات المجردة. والأمر الأهم في ذلك كله أن المدرسة الفرنسية منذ القرن التاسع عشر، مع وعيها بالتباس المعرفة العلمية وبوجود مناطق غامضة وكهوف حتى لدى العقل المستنير حيث تواصل الظلال حياتها وبقاء آثار الإنسان القديم لدى الإنسان الحديث، ظلت المدرسة الفرنسية، لا ترى سوى صورة واحدة لمرحلة ما قبل م الحديث-الكلاسيكي. كذلك ظلت المدرسة الألمانية الوضعية الحديثة، لا ترى سوى صورة واحدة لمرحلة ما قبل العلم الحديث-الكلاسيكي. إذ يقول أرنست كاسيرر إن "الحضارة الإنسانية تبدأ بحالة معقدة متشابكة من حالات العقل الإنساني، وتمر كل علومنا الطبيعية -على وجه التقريب- خلال مرحلة أسطورية. فعلم الصنعة في تاريخ الفكر العلمي يسبق الكيمياء، والتنجيم سابق للفلك. ويتقدم العلم وراء هذه الخطوات الأولى إذا هو استحدث مقياساً جديداً، أى معياراً منطقياً للحقيقة مختلفاً".^(٢٥) كذلك ظلت المدرسة الإنجليزية الوضعية الحديثة، لا ترى سوى صورة واحدة لمرحلة ما قبل العلم الحديث-الكلاسيكي. إذ يقول هـ. وهـ. أ. فرانكفورت إنه "إذا بحثنا عن الفكر التأمل في سجلات الأقدمين، اضطررنا إلى الاعتراف بأن ليس في مدوناتنا إلا النزر اليسير مما يستحق أن يدعى "فكراً" بمعنى الكلمة الدقيق. قليلة هي العبارات التي تتم عن التعليل المنظم المتناسك وعن قوة الإدراك الذي نقرنه بالتفكير".^(٢٦)

في منظومة رولان بارت، ينهض النظام الدلالي الثالث من بين الأنظمة الدلالية في النظم العلامية، على نظام الأسطورة. يتضافر النظام الأول-النظام الدلالي الأول من بين الأنظمة الدلالية في النظم العلامية هو نظام المدلول الذاتى *dénotation*. هنا تتكون العلامة من دال ومدلول- والنظام الثاني- النظام الدلالي الثاني من بين الأنظمة الدلالية في النظم العلامية هو نظام التضمين *connotation* أو سياق الدال- لإنتاج الأيديولوجيا في صورة الأسطورة.

وقد لقيت الأساطير عناية بالغة من الدارسين منذ أواخر القرن الثامن عشر وحتى اليوم، بسبب الاهتمام بالآخر الغير غربى الشرقى، بخاصة. والمسألة الرئيسة في الأبحاث المتعلقة بالأساطير هي : كيف نشأت

الأساطير؟ أولى الأجوبة على هذا السؤال كانت نظرية أويهميروس الذى عاش فى القرن الرابع قبل الميلاد. وذهب إلى أن الأساطير ليست غير صور عجيبة لأحداث تاريخية، ثم خلع عليها المبدعون طابعا أسطوريا. وهذه النظرية أخذ بها بعد ذلك بثمانية قرون لاكتانس والقديس أوغسطين لتأسيس الهجوم على الوثنية. وقد أخذ بهذه النظرية فى القرن التاسع عشر مورودى جونز وأ. هوفمن. فقالا إن الأساطير وثائق تاريخية جملها الخيال. ثم جاء هربرت سبنسر، فقال إن الأساطير هى فى أصلها مغامرات قام بها أشخاص حقيقيون، رفعهم بنو أقوامهم إلى مراتب الآلهة. والنظرية الثانية هى نظرية الرمزية. وهى أيضا قديمة ترجع إلى أفلوطين وفرفورىوس اللذين قالوا بأن الأساطير رموز على مذاهب فكرية معينة. وقد أخذ بهذه النظرية الرمزية فى مستهل القرن التاسع عشر الميلادي، فريدرش كرويتسر وشلنج. كيف ينبغى أن تفهم الأساطير؟ ما مدلولها؟ كيف حدثت؟

تلك هى الأسئلة التى استعاضها الدارسون فى القرن العشرين ومن بينهم رولان بارت فى كتابه عن "علم الأساطير" (١٩٥٧)، وكلود ليفى شتروس فى كتابه "الأنثروبولوجيا البنيوية"، الفصل الحادى عشر، بنية الأساطير، باريس، بلون، ١٩٥٨ و ١٩٧٤، وقال سيجموند فرويد فى "تفسير الأحلام" إن : "البلاغ الحالك الذى ينحدر إلينا عبر الملاحم والأساطير عن العصور الأولى للمجتمع الإنسانى يرينا ما لا تطرب له النفس من مطلق سلطان الأب ومن قساوته فى مزاوله هذا السلطان. فكر ونوس قد التهم أبناءه مثلما يفعل الخنزير الوحشى بخلف أنثاه، وجاء زوس فأخصى أباه ونصب نفسه سيذا فى مكانه. وكلما خلا سلطان الأب فى العائلة من كل قيد، وجد الابن نفسه بالضرورة - هو الوريث المنتظر - فى موقف العدو من أبيه، ونفذ بالضرورة صبره وهو يترقب الظفر بالسيادة عبر موت أبيه."

والبلاغ الحالك الذى ينحدر إلى رشدى راشد عبر الملاحم والأساطير عن عصور تاريخ العلم الإنسانى يريه ما لا تطرب له النفس من مطلق سلطان الغرب. لكن لم يجيء رشدى راشد لينصب المسلمين سادة فى مكان الغرب، كما يفعل الكثيرون، إنما فرق رشدى راشد بين صور عديدة للعلم فى المرحلة الأسطورية الأولى. وكشف فى المرحلة الأسطورية الأولى، عن علم فى اللغة العربية إلى جانب الغيب الدينى.

من جهة أخرى، بين رشدى راشد تعدد أساليب استعمال الرياضيات، وتعدد صور العلم، وتعدد المعقولات، وتعدد صور استعمال الأدوات التحليلية فى تاريخ العلوم، وتاريخ الرياضيات، وتاريخ نظرية المعرفة، وتاريخ التصورات.

وكشف رشدى راشد عن تعدد صور المعقولات *RATIONALITÉ/RATIONALITÄT* -مصطلح ظهر عام ١٨٣٤- ومن ثم العقلانيات *RATIONALISMES*.. ويشق مصطلح *RATIONALITÉ* من الكلمة

اللاتينية *RATIONALIS*، وتعنى "المعقول" أو الصفة العقلية. تعددت إذن صور المعقول *RATIONALITÉ* أو صور الرياضيات *MATHESES*. ونفى رشدى راشد إمكان الكلام على عقلانية *MATHESES* واحدة أو على رياضة واحدة. وهو النفي المرفوض بعامة فى التاريخ الغربى -بما فى ذلك التاريخ التقدمي- للرياضيات وفلسفتها. فقد بحث الغرب وظل يبحث -عدا بعض الاستثناءات النادرة جداً- عن وحدة لا تاريخية للرياضيات المنفرقة فى التاريخ. والمسألة المحورية فى هذا السياق هى : هل تشهد المتون الرياضية *MATHEMATICA* على وحدة الرياضيات *MATHESES* أم تشهد على تعدد الرياضيات *MATHESES*?^(٢٧)

سُمى العلم الذى تصور رنيه ديكارت ذات ليلة أنه كشف عنه، باسم *MATHESES*، وسُمى مشروع ليبنيتر بالاسم نفسه. وتم استعمال الاسم نفسه من بعد إدموند هوسرل، للإشارة إلى معنى مختلف قليلاً، هو الاهتمام العقلى الذى حدد، منذ جاليليو، فى القرن السابع عشر الميلادى وإلى دافيد هلمبرت، فى القرن العشرين، روح العلم الغربى، وحدد ضوابطه الصريحة، الظاهرة من خلال ازدهار صور التشكيل النظري-الصورى المختلفة. ويعلم مَنْ يرجع إلى الجذر اليونانى للفظ *MATHESES* فى اللغات الأجنبية، أن اللاحقة *MA* فى الكلمات *prag-ma* و *mate-ma* و *noe-ma* وفى غيرها من الكلمات المشابهة، تشير إلى مفعول العمل، أو إلى نتيجة العمل، التى يدل عليها الفعل من الجذر نفسه، وأما الأسماء المنتهية باللاحقة *sis* كما فى *praxis*، و *mathe-sis*، و *noe-sis*، فهى تحيل إلى حركة العمل نفسه. ومن هنا فإذا كانت الرياضيات بمعنى *mathematique* هى متن *mathemata*، أى متن المبرهنات المنتجة فعلاً، والتى براهينها مكتوبة أو قيد الإعداد للكتابة، فإن الرياضيات، بمعنى *mathesis*، تعنى الأشكال المضبوطة من صياغة النشاط الرياضى، وصيغ تكوين نواة الفهم والضوابط العقلية، والخليفة بتأمين إنتاج العبارات، والتأسيس لتسلسلها وأحياناً لتوليدها الغير المتناهي. بعبارة أخرى، تسمى الرياضيات، بمعنى *mathesis*، هى الجهاز الافتراضى القادر على تأمين وضبط إنتاج *mathemata* وتوليدها. وتحيل الرياضيات، بمعنى *mathemata*، إلى تاريخ الرياضيات، من جهة، وتحيل إلى إمكانية اختبار أن مخطوطات تاريخ الرياضيات تستند على عدد منتهى من قواعد التكوين الصريحة، بحيث يؤسس استعمال هذه القواعد لمعرفة ما إذا كانت عبارة ما تتبع أولاً تتبع الوضع الرياضى. ولا ينطبق التقدير إلا على حد الكلمات والعبارات المقبولة، وفقاً للقواعد المعطاة، ووفقاً لأبجدية محددة سلفاً. لكن مسألة "حقيقة" تلك العبارات تبقى خارج نطاق الحل.

فلنفترض متن المبرهنات التى تؤسس لكتاب "الأصول" لأقليدس. ومن البدهى أن الكتاب يحتوى على الرياضيات بمعنى *mathemata*. وبالإمكان أن نعتبر هذه المنظومة بوصفها منتجاً نهائياً، ومجرداً من ذاتية الرياضى، أقليدس، فالأهم، فى سياق الرياضيات بوصفها *mathemata*، هو المنتج النهائي. فهل يطابق ذلك

المنتج *mathemata* ما سمي بالرياضيات بوصفها *mathesis*؟ فهل يطابق ذلك المنتج ما سمي بمنظومة الصيغ المضبوطة التي قد تؤمن الإنتاجية النظرية للمنظومة، وقد تحدد مجال الإمكانيات الإجرائية؟

ليس الهدف هو بيان حياة الرياضى المبدع. وليس الغرض هو إعادة بناء طريقته فى الكشف العلمي. وليس القصد هو الاستعانة "بعلم نفس الابتكار" إنما المقصود هو الجواب على السؤال : هل تحليل المتون الرياضية إلى نواة منتجة؟ كيف تحليل المتون الرياضية إلى نواة منتجة؟ تلك هى المسألة الجوهرية.

إذا ضربنا مثلاً بالمبرهنة الثانية من المقالة الثانية عشر من كتاب "الأصول" لأقليدس^(٢٨)، فإن المبرهنة تنص على : "أن نسبة مساحات دائرتين تساوى نسبة تربيع قطرها."، وتقيم النسبة بين قياسين مختلفين : مساحة مسطح محدود بخط منحن، من جهة، ومساحة مربع، من جهة أخرى. وإذا كان بالإمكان قياس مساحات محدودة بخطوط مضلعة، فإن قياس مساحة محدودة بخط منحن، يثير مشكلة. والمشكلة نفسها ترد فى سياق البحث فى القياسات الخطية (الأطوال). كان القوس والوتر، لدى اليونان القدماء، كائنين متميزين الواحد عن الآخر. وليس يكفى معرفة تحديد طول الوتر لكى نقدر تعريف طول القوس. وبالتالي فكيف بالإمكان قبول الدائرة وقوس الدائرة ككميات مستقلة؟ كيف بالإمكان إضافة كائنات جديدة كطول قوس الدائرة، ومساحة الدائرة، وغيرها من الكائنات، إلى القياسات القانونية المستقرة كطول قطع المستقيم، ومساحة المضلعات، وغيرها من القياسات المستقرة، بحيث تطبق كائنات جديدة كطول قوس الدائرة، ومساحة الدائرة، وغيرها من الكائنات، القوانين التى تخضع إليها القياسات ؟ كيف بالإمكان بناء "توسيع صحيح"؟

يقوم التوسيع الصحيح على إقامة نسبة بين النوع الأول من الكميات والنوع الثانى من الكميات المذكورة. وبالتالي تنتمى الكائنات الجديد كمساحة الدائرة ومربع القطر، إلى مجال، هو نظام التناسب، وفيه تتألف فيما بينها وفقاً للقوانين نفسها. ولكى نكتب $C/C' = d^2/d'^2$ ، نعود إلى كتاب "الأصول" لأقليدس، الشكل الخامس، من المقالة الخامسة^(٢٩). فالميزة البارزة للمقالة الثانية عشر من "الأصول" هى تطبيق منهج الاستفاد. ويستقطعة نقود معدنية لأقليدس للبرهان على أن نسبة الدائرة إلى الدائرة الأخرى هى كتربيع قطرها. يقوم الشكل الخامس من المقالة الخامسة من كتاب "الأصول"، إذن، على القول إنه إذا حددنا عددين تامين مختلفين عن الصفر هما m و p ، فإن

$$1) mC = md^2$$

يعطى

$$pC' = pd'^2$$

$$2) mC < md^2$$

يعطي:

$$pC' = pd'^2$$

$$3) mC > md^2$$

يعطى :

$$pC' > pd'^2$$

ومن هنا تنتمي الكائنات (مع الأعداد التامة) من النوع C إلى مجال فيه علاقة منظمة محددة وتؤسس للمقارنة بينها وبين الكائنات "المعتادة" من النوع d^2 ، بشرط مفهوم أن نقدر أن نبرهن على المساواة : $C/C' = d^2/d'^2$ ونذكر هنا أن المثال الذي ضربناه (أقليدس، "الأصول"، المقالة الثانية عشر، الشكل الثاني) للدلالة على الرياضيات بمعنى *MATHEMATICA*، أنه يشهد على انتماء إلى مجال معين، وإلى نطاق ممكن، حيث يؤدي فيه دورا محدداً. وهذا الدور ليس دورا أفليديا كما ورد في كتاب "الأصول" لأقليدس، إنما كما ورد في نظرية النسبة لدى أدوكس، وهذا بالضبط معنى الرياضيات بوصفها *MATHESES*، أى أنه قد تم إعمال تصور النسبة في مثال أفليدس بوصفه نواة تضبط إمكانات قبول الموضوعات. فالعلاقة $C/C' = d^2/d'^2$ لا يمكن أن تمارس وظيفتها -كمبرهنة-، وهى بناء توسيع مضبوط، إلا حين البرهان عليها فى مجموعة ميرهنات قانونية بالبرهان بالخلف. وقد سبق أن برهنا، فى متن "الأصول"، أنه، إذا وضعنا، فى دائرتين، هما C و C' ، مضلعات P و P' ، فإن نسبة مساحات المضلعات تعدل نسبة مربعات قطر دوائرها. لكن المضلعات أختيرت اختياراً عشوائياً، لأن المعيار الوحيد هو التشابه. وبالإمكان، فى إطار الرياضيات اليونانية، أن نضعف تضعيفاً لا نهائياً، عدد أضلاعها، فعلاقة النسبة مستقلة عن عدد الأضلاع. وإذا افترضنا أن مضلعا منتظماً بعدد n أضلاع، لـ n ينمو لا نهائياً، فإن المضلع يختلف عن الدائرة الواقع داخلها، ونستخلص :

$$C/C' = d^2/d'^2$$

من دون برهان قاطع، ومن هنا المشكلة. ولا بد إذن من البرهان على صحة أو خطأ المساواة المحددة فى مجال تلك الكائنات التى كان اليونان يسمونها باسم "الكميات". وكانت الكميات التى كان اليونان يستقطعها نقود معدنية كالأطوال، والمساحات، والحجوم، تقيم منظومة منظمة تماماً من خلال العلاقتين $< و >$ ، وتخضع هاتان

العلاقتان، عدا علاقة المساواة، في مجال "الكميات"، إلى قانون التقسيم الثلاثي، ففي المثال الذي نفترض فيه كميتين A و B ، فإن لدينا ثلاث حالات ممكنة وحسب وهي الحالات التالية :

$$A = B; A < B; A > B.$$

وللبرهان على صحة $A=B$ ، فلا بد من البرهان على خطأ $A < B; A > B$ ، ومن هنا هيكل البرهان المطلوب، فلا بد من البرهان على كل من الفرضين التاليين يؤدي إلى التناقض :

$$C/C' > d^2/d'^2 \text{ و } C/C' < d^2/d'^2$$

لكن ليس بالإمكان بلوغ التوسيع المطلوب -إضافة مساحات من النوع C إلى المساحات من النوع P - من دون اللف والدوران، أي من دون الحفاظ على اتساق نظام المبرهنات ومن دون الإبقاء على الجوهر المتميز لموضوعات C وموضوعات P - وفي المثال المحدد هنا، هي الدائرة والمضلع المحاط، مهما تعددت أضلاعه-. ويشهد اللف والدوران على إضافة أفعال رياضية في مجال مضبوط، وحيث يتكون تدفقها، وحيث يتم تدقيق لحظات تعلمها. كذلك يقوم مبدأ الثالث المرفوع، ومبدأ التقسيم الثلاثي، مقام النواة الضابطة، ويقوم مبدأ ثبات "الجوهر" مقام حد المجال الرياضي. ومن هنا يتحدد معنى الرياضيات *MATHEMATICS* كموضع إنتاج الرياضيات بوصفها *MATHEMATICS*.

ولنتتبع مراحل تحليل البرهان الأقليدي. كيف بالإمكان إلغاء الفرضين :

$$C/C' > d^2/d'^2 \text{ و } C/C' < d^2/d'^2$$

وفي مثال تناقض الفرض $C/C' < d^2/d'^2$ ، ما الأدوات ؟

١- أولاً، من خلال نظرية التناسب، لا نعرف مدى صحة $C/C' = d^2/d'^2$ ، لكن بالإمكان افتراض أن أحد الكائنين من النوع C ، والكائن C ، تمثيلاً لا حصراً، هو كمية. إذا كان لدينا الكميات الثلاث $C, d^2/d'^2$ فإن نظرية التناسب تقدم لنا أسلوباً لإيجاد النسبة الرابعة، فنكتب $C/M = d^2/d'^2$ ، والرابط بين هذه المساواة والافتراض $C/C' < d^2/d'^2$ ، تنتج اللامساواة $M < C'$

٢- إذا كتبنا الشكل الأول من المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس والتي سميت باسم مصادرة أرشميدس^(٣٠)، كتابة اصطلاحية حديثة، قلنا إنه إذا افترضنا α و β كميتين إثنين، بحيث $\alpha < \beta$ ، فإن هناك عدداً تاماً m بحيث $\beta < \alpha + (1-p)^m$ ، مع $P < 1/2$ وتحتوي هذه العبارة على شكل ثنائي، فبالنسبة إلى $\alpha < \beta$ ، يوجد عدد تام n بحيث $n\alpha > \beta$ ، وهو الشكل المعروف اليوم

تحت اسم "مصادرة أرخميدس"، وهو كذلك الشكل الذى يلغى من مجال الكميات، العناصر التحليلية، أى الكميات الزائلة، بالمعنى الذى حدده، بعد ذلك التاريخ، ليبينيز، فى القرن السابع عشر الميلادي. ومهما كانت الكمية $\beta = (1-p)^m$ ، فهى تظل متناهية. وتتسق مصادرة أرخميدس اتساقاً تاماً مع المقتضيات المنطقية المحددة ومن بينها حذف الصيرورة من مجال الكائنات الرياضية، على الأقل، فى صورة مبهمة للكمية فى لحظة تحولها. وكان أرسطو قد حذف اللامتناهى بالفعل من مجال كتاب "الفيزيكا" (المقالة الثالثة). وأما المنهج البرهانى فهو استعمال العبارة الواردة فى كتاب "الأصول" لأقليدس (المقالة العاشرة، الشكل الأول)، من خلال الخيار المناسب للكميتين α و β . فقد اختار أقليدس β مساحة إحدى الدائرتين (C' ، تمثيلاً لا حصراً)، و α مساحة المضلع (المربع، تمثيلاً لا حصراً)، المحاط بالدائرة، وقرر أن مساحة الدائرة أكبر من مساحة المضلع المحاط بها، وكفى هنا تتبع العبارة الواردة فى كتاب "الأصول" لأقليدس (المقالة العاشرة، الشكل الأول)، من خلال افتراض أن: P_1 هى مساحة المضلع الأول المحاط بالدائرة C ، ونختاره على النحو التالى :

$C'-P_1 < 1/2 C'$ ، ونواصل ذلك، حتى بلوغ المضلع، ومساحته P_n ، بحيث $(C'-P_n) < 1/2 C'$ (1) وبالتالي فبالنسبة إلى n يزيد، إذا أشار الحرف t إلى مساحة ما، فإننا نقدر أن نكتب أن $C'-P_n < t$.

٣- الشرط الذى لا بد لمساحة t أن توفره هو أن تتجانس مع C' و P_n ، وسبق أن كتبنا $M < C'$ ، وهى العلاقة التى تؤسس، فى الحساب الأقليدي، الذى كان يجهل الأعداد السالبة، تؤسس، إذن، العلاقة لكتابة الطرح: $C'-M$ ، ونختار، إذن، عدد الأضلاع n ، والمحاطة بالدائرة C' ، بحيث $t = C'-M$ ، مما يعطى $C'-P_n M < C'$ ، وبالتالي $M < P_n$.

٤- يكفي، إذن، أن نرتد إلى الدائرة C وأن نحيطه بـ n أضلاع، حيث كل ضلع على حدة، يشبه المضلع من الصف نفسه والمحاط بالدائرة C' ، ونعلم، من خلال مبرهنة سبق البرهان عليها، أن $P_n/P'_n = d^2/d'^2$ وسبق أن حصلنا، فى المرحلة الثالثة من البرهان على $P_n/P'_n = d^2/d'^2$ ، ونعلم أن $P_n < C$ ، ومن هنا فإن الرابطة بين العلاقات $P_n/P'_n = C/M$ و $P_n < C$ ، وبالتالي $M < P_n$ ، والنتيجة الرابعة تتناقض مع النتيجة الثالثة من نتائج البرهان ككل. وبالتالي فالفرض المختار $C/C' < d^2/d'^2$ ، هو افتراض لاغى، وبالإمكان إقامة الاستدلال نفسه لإلغاء الافتراض $C/C' < d^2/d'^2$ ، ولا يتبقى سوى العلاقة الوحيدة الممكنة، وفقاً لمبدأ التقسيم الثلاثي، ألا وهى العلاقة: $C/C' < d^2/d'^2$.

وبالنألى فتأليل المبرهنة الواردة فى كتاب "الأصول" لأقلیدس (المقالة الثانية عشر، الشكل الثانى) قضت بالإحالة إلى "منطقة نظرية" معينة كواسطة لبناء البرهان. وتحدد هذه المنطقة مجالا تعمل فيه مجموعات مبادئ إثراء نظام الإمكانيات الإجرائية وغلقة. فقد أسس مبدأ الثالث المرفوع، والتقسيم الثلاثى لعلاقة الترتيب، وبقاء الجوهر، وتمهيدية أودكس الواردة فى كتاب "الأصول" لأقلیدس، أسس ذلك كله للعلاقة $C/C' < d^2/d^2$ ، وكما أسست هذه المبادئ لتوسيع، أى لقبول موضوعات من النوع C فى مجال القياسات، فقد حالت المبادئ نفسها دون بعض أنواع الإجراءات وحالت دون المجال الرياضى للموضوعات المتعلقة بهذه الإجراءات، كالانتقال إلى الحد والكميات التحليلية. ومنهج الاستنفاد (أو إفناء الفرق) *method of exhaustion* والبرهان القياسى هما، إذن، المنهجان اللذان قادا إلى التوسيع المطلوب. والجدير بالذكر أن منهج الاستنفاد كان منهج ثابت بن قرة فى مبرهنته التى تحمل اسمه، كما كان منهج الرياضيين العرب بعامة فى حساب المساحات والأحجام المنحنية، أى التى تحددها، ولو جزئيا، خطوط منحنية، وغيره من جوانب هذا القطاع المتقدم من البحث الرياضى فى اللغة العربية فى القرن التاسع الميلادى، وصاغ بن الهيثم طريقة الاستنفاد صياغة حسابية فى سياق تحديد حجم الكرة.

تبقى المنطقة النظرية التى تحيل إليها المبرهنة ١٢، ٢، من "الأصول"، ممثلة بوضوح لنظام الضبط القادر على توسيع مجالات الموضوعات ومتون العبارات، وهو كذلك النظام الذى يقدر أن يحدد صيغ إنتاج بعض أنواع العبارات، فى الوقت نفسه الذى تلغى فيه الإجراءات بعض الأنواع الأخرى كالغاء الافتراض $C/C' < d^2/d^2$

وفى مجال الإمكانيات المحددة على هذا النحو، تتكامل إجراءات الإلغاء وإجراءات الإنتاج، ويضبط قطعة نقود معدنية ما المترامن الأشكال الصحيحة لقبول الموضوعات والخواص، أى أشكال قبول الرياضيات بوصفها *MATHEMATICA*. من هنا فالرياضيات بوصفها *MATHEMATICA*، هى نمط عمل النظام الدقيق لإجراءات إنتاج، تؤمن قبول العبارات والموضوعات، وتزن المجالات الإجرائية، وتتظم متون القضايا فى نظم متسقة، وفى هذه الحدود الدقيقة، تضبط توليدها اللامتناهى. من هنا فالرياضيات بوصفها *MATHEMATICA*، هى نمط يؤسس بقدر ما ينفي، هى نمط يمنح صفة الإبداعية للأفعال الرياضية، بقدر ما يحدد عجز مجالها. ففى بعض عجز مجالها، تلف الرياضيات بوصفها *MATHEMATICA* وتدور حول إثراء متن العبارات (مثلا، استنفاد الفرق، هو دوران حول الانتقال إلى الحد). وفى بعض العجز الآخر، تعجز الرياضيات بوصفها *MATHEMATICA* عن إنتاج اللف والدوران، وذلك بوصف *MATHEMATICA* وحدة النظام الذى يؤمن قطعة نقود معدنية. لم يكن حساب أقلیدس يعرف الأعداد السالبة، تمثيلا لا حصراً، ولم تلف الرياضيات بوصفها *MATHEMATICA* لملء هذا الفراغ، ولم تكن غيبة هذه الأعداد محددة، وأما فى قياسات الكميات من النوع C ، المحدودة بالخط أو السطح المنحنى، فقد فتح تصور الإنتاج مجال الإمكانيات حيث بالإمكان إجراء التوسيع

المطلوب. والرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هي مركب من العلاقات، ونظام من إمكانات التطبيق لموضوع معين من موضوعات المعرفة. بعبارة أخرى، الرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هي "مبني" محدد نظرياً، بنيته لا مرئية بنحو مباشر من خلال البحث في النصوص الرياضية، وقد لا يبين الرياضيون أنفسهم، في متونهم ونصوصهم ومخطوطاتهم، هذه البنية، وإن كانت ليست غير إجرائية. وهذا الحضور المائل للرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هذا الحضور للموضوع الغير المحدد في صورة موضوعات محددة، هو كحضور "النحو" في اللغات الطبيعية (العربية، الإنجليزية، الفرنسية)، فلا رياضيات *MATHEMATIQUE* من دون الرياضيات بوصفها *MATHESIS*. لكن وحدة الرياضيات لا تقوم على وحدة الذات، ولا على الجواهر، ولا على الحدس، إنما تنهض على دراسة المتون الرياضية نفسها والعبارات الرياضية نفسها والنصوص الرياضية نفسها والمخطوطات الرياضية نفسها، كما حقق رشدى راشد ودرس وترجم وشرح في عمله كله، وكما أشرنا في المثال السابق الوارد في كتاب "الأصول" لأقليدس (١٢، ٢). ويتيح هذا المنهج المجال للبحث في مختلف صور *MATHESIS*، أى في مختلف صور وحدة الرياضيات. وسبق أن أشرنا في الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب إلى أن هناك أمراً عميقاً في الواقع التاريخي. هناك ثلاثة أنظمة من الحساب وليس حساباً واحداً :

١- الحساب الهندي؛

٢- حساب اليد ؛

٣- الحساب الستيني.

- 1) Roshdi Rashed 'La' mathématisation 'de l'informe dans la science sociale : la conduite de l'homme bernoullien" in Colloque tenu à l'institut d'histoire des sciences à l'université de Paris, sous la direction de Georges Canguilhem, Paris, 1972 p. 73.
- 2) Jean-Jacques Rousseau, Du contrat social, Preface et notes par J. L. Lecercle, Paris, ES, 1971.
- 3) Philippe Wehrle, préface de Ferdinand Gonseth, L'univers aléatoire, 1956; Annales de l'Institut Henri Poincaré. Probabilités et statistiques, 1938; Henri Poincare, Calcul des probabilités : {cours de physique mathématique}, 1987; Dominique Foata, Calcul des probabilités : cours, exercices et problèmes, 1998; Alber, Shemaya Levy, Albert Krief, Calcul des probabilités : exercices 1972; Albert Tortrat, Calcul des probabilités et introduction aux processus aléatoires, 1971; Alber Pasquier, Eléments de calcul des probabilités et de théorie des sondages, 1969; Paul Jaffard, Initiation aux méthodes de la statistique et du calcul des probabilités, 1996; Claude Dellacherie, Probabilités et potentiel [5] Chapitres XVII à XXIV, Processus de Markov [fin], 1992; Walder Masieri, Statistiques et calcul des probabilités : cours et travaux pratiques, 2001; Daniel Revuz, Probabilités, Paris, Hermann.
- ٤) أرسطو، التحليلات الثانية، المقالة الأولى، الفصل ٢٤، فصل البرهان الكلي، ١٨٥ب-٢٥-٣٥، في كتاب "منطق أرسطو"، ج٢، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠، ص ٤٠٨-٤٠٩ .
- ٥) بن رشد، تلخيص ما بعد الطبيعة لأرسطو، ط١، القاهرة، المطبعة الأدبية، من دون تاريخ، ص ١٥-١٦ .
- ٦) أبو يعرب المرزوقي، "ابستمولوجيا أرسطو"، من خلال منزلة الرياضيات في قوله العلمي"، ليبيا، الدار العربية للكتاب، ١٩٨٥، ص ١٥٦ .
- J.T. Desanti, L'explication en mathématique, pp. 57-71, in : L. Apostel, G. Cellerier, J. T. Desanti, R. Garcia, G.G. Granger, F. Halbwachs, G. V. Henriques, J. Ladrière, J. Piaget, I. Sachs, H. Sinclair de Zwaart, L'explication dans les sciences, Paris, Flammarion, 1973. J.T. Desanti, Les idéalités mathématiques, Paris, Editions Le Seuil, novembre 1968. J.T. Desanti, La philosophie silencieuse, ou critique des philosophies de la science, Paris, Editions Le Seuil, 1975. Hans Georg GADAMER, Wahrheit und Methode : Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik, Tübingen, Mohr, 1960 (in Gesammelte Werke, Tübingen, Mohr, 1985ff, Band 1), Truth and Method, Verita e metodo. Lineamenti di un ermeneutica filosofica, (1960), Vérité et méthode, traduction Pierre Fruchon, Jean Grondin et Gilbert Merlio, Paris, Seuil, 1996; Jean GRONDIN, Hans Georg GADAMER : Eine Biographie, Tübingen : Mohr Siebeck, 1999.
- 7) R. Descartes, Discours de la méthode, Paris, Vrin, 1976, sixième partie, pp. 60-78.
- 8) R. Descartes, Les principes de la philosophie, in Oeuvres philosophiques, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1973, troisième partie, § 49, p. 253.
- 9) R. Descartes, Les règles pour la direction de l'esprit, in Oeuvres philosophiques, tome 1, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1963, §§ 12, 13, pp. 134-166.
- 10) R. Descartes, Les règles pour la direction de l'esprit, in Oeuvres philosophiques, tome 1, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1963, § 12, p. 158.
- 11) R. Descartes, Les principes de la philosophie, in Oeuvres philosophiques, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1973, troisième partie, §§ 43-46, pp. 247-250.

- 12) R. Descartes, *Les principes de la philosophie*, in *Oeuvres philosophiques*, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1973, Première partie, § 24, pp. 233-234.
- 13) R. Descartes, *Les principes de la philosophie*, in *Oeuvres philosophiques*, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1973, Quatrième partie, § 204, pp. 521-522
- ١٤) (بسكال، الأفكار، الشذرة ٥٩٩-٩٠٨: "هل من المحتمل أن الاحتمال يطمئن؟" ص ٥٨٤ من بسكال، الأعمال الكاملة، باريس، لوسوى، ١٩٦٣).
- ١٥) شذرة ٦٥٣-٩١٣، ص ٥٨٨.
- ١٦) المرجع السابق .
- ١٧) المرجع السابق .
- ١٨) بسكال، الأعمال الكاملة، باريس، لوسوى، ١٩٦٣، ص ٤٣-٤٩.
- 19) *Oeuvres de Pierre Fermat, I, La théorie des nombres, Textes traduits par Paul Tannery, Introduits et commentés par R. Rashed, Ch. Houzel, G. Christol, Paris, A. Blanchard, 1999.*
- ٢٠) جوتفريد فيلهلم ليبنتز، "المونادولوجيا"، الفقرة ٣٧ وحتى ٤١، ت د. عبد الغفار مكاوي، القاهرة، دار الثقافة، ص ١٤٥-١٤٧؛ ليبنتز، "المباديء العقلية للطبيعة والفضل الإلهي"، الفقرة ٨، ت د. عبد الغفار مكاوي، القاهرة، دار الثقافة، ص ١١١.
- LEIBNITZ Godefroï-Guillaume, *Oeuvre concernant le calcul infinitésimal, traduit du latin par Jean PEYROUX*, Paris, A. Blanchard, 1983; *Oeuvre mathématique autre que le calcul infinitésimal, Fascicule 1 : Arithmétique, Algèbre, Analyse, suivi de La Dissertation sur l'Art Combinatoire de LEIBNITZ, et de La Machine Arithmétique de Blaise PASCAL, traduit du latin en français avec des notes de Jean PEYROUX*, Paris, A. Blanchard, 1986; *Oeuvre mathématique autre que le calcul infinitésimal, Fascicule 2 : Correspondance avec Oldenburg, Newton, Collin, Wallis. Suivi de lettres à Othon Mencke, Shulenberg, Fatio de Duiller, Dancicourt. Traduit du latin en français avec des notes de Jean PEYROUX*, Paris, A. Blanchard, 1987; *Oeuvre mathématique autre que le calcul infinitésimal, Fascicule 3 et dernier : Correspondance avec Hermann, Jacques Bernoulli, Eckhard, etc... Traduit du latin en français avec des notes de Jean PEYROUX*, Paris, A. Blanchard, 1989.
- 21) Gilles-Gaston Granger, *La mathématique sociale du Marquis de Condorcet*, Paris, Editions Odile Jacob, 1989. Gilles-Gaston GRANGER, *Pensée formelle et sciences de l'homme*, Paris, Aubier, 1960; *Méthodologie économique*, Paris, PUF, 1955.
- 22) R. Rashed, *Mathématique et Société*, Paris, Editions Hermann, 1974.
- رشدي راشد، "كوندورسيه : الرياضيات والمجتمع"، سلسلة المعرفة، باريس، دار هرمان، ١٩٧٤. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الأسبانية عام ١٩٩٠ لكن كاتب هذه السطور عاد إلى الأصل الفرنسي المذكور أعلاه؛ تطبيق رياضيات الاحتمال في العلم الاجتماعي"، أعمال المؤتمر الثاني عشر لتاريخ العلوم، ج٩، باريس، بلونشار، ١٩٧١، ص ٥٥-٥٩. في اللغة الفرنسية؛ "ترييض العقائد غير الشكلية في العلم الاجتماعي"، ترييض العقائد غير الشكلية"، تحرير جورج كونجيلام، باريس، هرمان، ١٩٧٢، ص ٧٣-١٠٥. في اللغة الفرنسية؛ "الأيدولوجيا والرياضيات : مثال الانتخاب في القرن الثامن عشر"، وحدة إصدارات كلية الفنون والعلوم، مونتريال، ١٩٧٢ (في اللغة الفرنسية)؛ "كوندورسيه"، الموسوعة العلمية والتكنولوجية (أرنولدو موندادوري، ١٩٧٥. في الأصل في اللغة الإيطالية ثم تمت الترجمة الفرنسية في كتاب "من الثورة إلى الثورة"، قطاع خاص، ١٦، ١٩٨٦، ص ٣٤-٣٦ ؛ -الاحتمال الشرطي والعلية، مسألة في تطبيق الرياضيات، ج. بروسست وأ.

شفارتز (تحرير)، "المعرفة الفلسفية، محاولات حول عمل جيل جاستون جرونجيه"، باريس، دار المطبوعات الجامعية الفرنسية، ١٩٩٤، ص ٢٧١-٢٩٣. في اللغة الفرنسية.

- 23) R. Rashed, *Probabilité conditionnelle et causalité : Un problème d'application des mathématiques*, in *La connaissance philosophique, Essais sur l'oeuvre de Gilles-Gaston Granger*, Textes réunis par Joelle Proust et Elisabeth Schwartz, Paris, PUF, 1995, p. 274.
- 24) R. Rashed, *Probabilité conditionnelle et causalité : Un problème d'application des mathématiques*, in *La connaissance philosophique, Essais sur l'oeuvre de Gilles-Gaston Granger*, Textes réunis par Joelle Proust et Elisabeth Schwartz, Paris, PUF, 1995, p. 277.

Roshdi Rashed "La " mathématisation " de l'informe dans la science sociale : la conduite de l'homme bernoullien "in *Colloque tenu à l'institut d'histoire des sciences à l'université de Paris*, sous la direction de Georges Canguilhem, Paris, 1972, p. 86.

٢٥) أرنست كاسيرر، "مدخل إلى فلسفة الحضارة الإنسانية أو مقال في الإنسان"، ترجمة د. إحسان عباس، مراجعة د. محمد يوسف نجم، بيروت-لبنان، دار الأندلس، ١٩٦١، ص ٣٥٠، وهي ترجمة للكتاب في اللغة الإنجليزية : *Ernest Cassirer, An Essay On Man*, Yale University Press, New Haven, 1944.

٢٦) هـ. فرانكفورت، هـ. أ. فرانكفورت، جون أ. ولسن، توركيلد جاكوبسن، "ما قبل الفلسفة"، الإنسان في مغامراته الفكرية الأولى، دراسة في الأساطير والمعتقدات والتأملات البدائية التي ظهرت في مصر ووادي الرافدين، والتي نشأت عنها الأديان والفلسفات في الحضارات اللاحقة، ترجمة جبرا إبراهيم جبرا، مراجعة محمود الأمين، منشورات دار مكتبة الحياة، فرع بغداد، ١٩٦٠، ص ١٣. وهي ترجمة للكتاب في اللغة الإنجليزية : *Henri Frankfort, H. A. G. Frankfort, John A. Wilson, Thorkild Jacobsen, Before Philosophy*, Pelican Books, 1949, 1951, 1954.

- 27) Jean-Toussaint Desanti, *La philosophie silencieuse, ou Critique des philosophies de la science*, Paris, Seuil, 1975, pp. 196-219.

٢٨) أفليدس، "الأصول"، الشكل الثاني من المقالة الثانية عشر، في :

Marshall Clagett, Archimedes in the Middle Ages, Volume 1, The Arabo-Latin Tradition, The University Of Wisconsin Press, Madison, 1964, Book XII, Prop. 2 : P. 5; P. 60n; P. 202; P. 61; P. 220 c60-61; P. 254 v 18; P. 262, P. 25-28.

٢٩) أفليدس، "الأصول"، الشكل الخامس من المقالة الخامسة، ترجمة الحاج بن يوسف بن مطر مع شرح أبي العباس الفضل بن حاتم النيريزي، وترجمة لاتينية لرسمس أولسن بستهورن ويوهن لدفع هايبرج، القسم ٣، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٨، ص ٣٨-٤٠ : "إذا كان مقداران أحدهما أضعاف الآخر وفصل منهما مقداران وكان في المفصول من أضعاف المفصول مثل ما في الكل من أضعاف الكل فرن ما في الباقي من أضعاف المفصول مثل ما في الكل من أضعاف الكل."

٣٠) أفليدس، "الأصول"، الشكل الأول من المقالة العاشرة، في :

Marshall Clagett, Archimedes in the Middle Ages, Volume 1, The Arabo-Latin Tradition, The University Of Wisconsin Press, Madison, 1964, Book X, Prop. 1 : P. 5, P. 60n; P. 68, l. 20; P. 78, c 19-21.

الباب الخامس

التاريخ التطبيقي للعلوم

"كنت أدرس نصاً لليوناردودى بيزا عن مسألة فى التطابق الخطى، ولم أفهم منه شيئاً. لأنه كان مستغلقاً. ثم كشفت ، خلال أبحاثى، نصاً للحسن بن الهيثم عن مسألة التطابق الخطى نفسها. وعندئذ بدا إلى، أن نص ليوناردودى بيزا، عن مسألة التطابق الخطى، كان اقتباساً، بشكل غير مباشر، من نص الحسن بن الهيثم ففهمت، عندئذ، علة المسألة".

رشدى راشد

"الحق أن أعظم الأسباب فى رواج العلم وكساده هو رغبة الملوك فى كل عصر وعدم رغبتهم ".

الحاج خليفة

"ما من شك فى وجوب الاهتمام بأمر العلم فى بلادنا إذا كنا جادين حقاً فى إصلاح ما فسد من شئوننا، فالناس قد سئموا الأساليب البالية فيما يكتب وما يقال، وهم يتطلعون إلى قيادة فكرية جديدة، قوامها العلم لا صناعة الكلام".

على مصطفى مشرفة

الإطار المعرفى المتكامل

ما العلم؟ كيف يؤثر؟ منذ ثلاثين سنة، يطرح الدارسون مثل هذين السؤالين. ولا يزالون قلة، فى الولايات المتحدة وأوروبا، أولئك الذين يدرسون سياسة العلم، أو سوسيولوجية العلم، أو علم اجتماع العلم. وإذا عرفنا أنه لا يمكن تحديد الوضع أو الشرط الإنساني، من دون العلم والتقنية، ندرك إلى أى مدى ينبغي تضافر العلم والتقنية مع العلوم الأخرى السياسية والفلسفية والاجتماعية والأنثروبولوجية.

فى الباب الأول من هذا الكتاب بينا برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمى، ليست طريقاً مباشرة ولا طريقاً قصيرة. وفى الباب الثانى من هذا الكتاب صح لنا أن نتساءل ما هى الأدلة على أن رشدى راشد قد طبق هذه الخطة فى بحوثه وسلك سبيلها عملاً وفعلًا؟ فإن وضع الخطط شئ وتنفيذها شئ آخر. أما الوجهة الفلسفية فقد كانت محور الباب الثالث: الفلسفة كما صاغها الرياضيون العرب لا كما صاغها الفلاسفة الخالص. وفى الباب الرابع من هذا الكتاب بينا أن أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى تربيض العلوم الاجتماعية أو ما سُمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. ويعود الانتباه الأصلى إلى تربيض العلوم الاجتماعية كعقائد لاشكلية، فى إطار عمل رشدى راشد-كما أشرنا إلى ذلك فى سياق الكلام على "الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، نلاحظ أن مشكلة السَمَطقة اللامتناهية *unlimited semiosis*، أى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تتطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكر فى وضع العلوم الاجتماعية غير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *interpretant* - هى العلامة الرياضية. ومن دون هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدالية، يعجز الدارس عن استعمال الصور والمجاز، من

جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *Théorie confisquée* ، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى.

ذلك كان سؤال رشدى راشد العلمى التطبيقى الأصلى قبل أن يدخل مجال التأريخ للرياضيات العربية. ومن هنا لا يكرر رشدى راشد سؤال عمانوئيل كانط حول تطبيق الرياضيات فى مجال الفيزياء كما سبق أن حاول كانط بعامة، وفى رسالة ١٧٧٠ *DE MUNDI SENSIBILIS ATQUE INTELLIGIBILIS* *FORMA ET PRINCIPIIS* اللاتينية. كان سؤال رشدى راشد يدور حول العلاقة بين الرياضيات من جهة، وبين العقائد الغير الشكلية *DOCTRINES IN-FORMELLES*، من جهة أخرى، أوبين الرياضيات والعقائد *DOCTRINES* الخالية من النظرية. وكلمة العقائد *DOCTRINES* تشتق من الكلمة اللاتينية *DOCTRINA* المدرسية الدينية الوسيطة تشتق بدورها من المصدر *DOCERE* الذى صار فى اللغة اللاتينية العامة *DOCERE* فى ضوء *DICERE* أى *DIRE* أم القول.

انطلق رشدى راشد من موقف العلوم الاجتماعية كعلم الاجتماع والاقتصاد وعلم النفس، التى هى أشبه بعلوم تعيش فى العصور الوسطى، ولم تنتضج بعد النضج الحديث. ووصف هذا الموقف بأنه يمدنا بعلوم هى أشبه بمبادئ أو آراء دينية، فلسفية، فقهية، وتنسب إلى أحد المفكرين أو إحدى المدارس. وهى علوم نقليّة- تعليمية. ومن خصائص المذهب التعليمى أن تكون مبادئه وحقائقه متصلة بالعمل، لا أن تكون مجرد حقائق نظرية، ولذلك قيل إن الفرق بين العلم والمذهب التعليمى أن العلم يشاهد ويفسر، والمذهب التعليمى يحكم ويأمر ويطبق. ومذهب التعليم عند العرب مذهب الباطنية الذين يدعون أنهم أصحاب التعليم، والمخصوصون بالاقتباس من الإمام المعصوم.

ويمثل التأريخ التطبيقى للعلوم الجزء الثانى من مشروع رشدى راشد المتعلق بالرياضيات التطبيقية. فقد كان الجزء الأول من هذا المشروع هو البحث فى تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية.

يمثل التأريخ التطبيقى للعلوم، إذن، الجزء الثانى من مشروع رشدى راشد المتعلق بالرياضيات التطبيقية. يعنى رشدى راشد "بالتأريخ التطبيقى للعلوم" كليات الاستفادة من تأريخ العلوم للإسهام فى التحديث العلمى فى مصر والوطن العربى وبلدان ما سمي بالعالم العربى. وذلك من طريق إنشاء المدينة العلمية، وإعادة النظر فى تصور الترجمة العلمية وسياساتها على أساس من ربط الترجمة بالإبداع العلمى وربط العلم باللغة. كان أحد الأغراض التى رعى رشدى راشد إليها من مشروعه الرياضى-التأريخى-الفلسفى، أن يدعوبنى وطنه وسائر الناطقين بالضاد إلى الاهتمام بشأن العلم والمسائل العلمية ، وأن يبين لهم ما للعلم من أثر عظيم فى تحديث الدولة والمجتمع فى العالم العربى. لذلك طاف بنواحي العلم، فعرج على كل ناحية منها وبين ما للعلم فيها من أثر واضح ، وما يرجى منه من تحديث وتطوير وتنمية وتوعية، وقد راح يسوق الحجة تلو

الحجة ، للتدليل على مكانة العلم وأهميته ، وكان لا يطمع أن يصل صوته إلى أبعد من دائرة ضيقة ، هي دائرة الخاصة ، من ذوى العقول الراجحة ، وقليل منهم ! أما العامة من الناس فلا يقنعهم المنطق ، ولا يخضعون لسلطان العقل، لذلك أسقطهم من حسابه وجبره، إن جاز التعبير. مع ذلك لم يعد بعد اليوم حاجة إلى التدليل على أهمية العلم ، لأن الدليل قد صار ملموسا.

٥-١- علم بلا ضفاف

والعلم بالمعنى الذى أوضحه على مصطفى مشرفة يسمى فى بعض الأحيان بالعلم بالبحث تمييزا له عن العلم التطبيقى أو التكنولوجيا^(١) . والعلاقة بين العلم والبحث والعلم التطبيقى تشبه العلاقة بين العلم والعمل، بين النظرية والعمل. فالكيمياء تمثيلا لا حصرا، هو أحد العلوم البحتة، وهى دراسات يقصد بها معرفة تفاعلات العناصر والمركبات معرفة موضوعية. والعالم الكيميائى إنما يعنى بالوصول إلى هذه المعرفة . والكشف الكيميائى إنما هى الزيادة فى هذه المعرفة. أما الكيمياء الصناعية فعلم تطبيقى يقصد به تطبيق الكيمياء على الصناعة واستخدام نتائج العلم البحت فى خدمة الصناعات البشرية ، فالعلوم التطبيقية إذا ليست علوما بالمعنى الدقيق وإنما هى صناعات أو فنون ، أو هى كما يسميها الغربيون باسم التكنولوجيا.

وعاد على مصطفى مشرفة إلى تاريخ العلوم وكشف عن قدم اشتغال الدارسين بالعلوم البحتة وطلب المعرفة، فالمصريون والبابليون والإغريق والعرب بحثوا عن الحقيقة الموضوعية شغفا بها. وليس هذا بغريب إذ أن الطفل فى حدائته شغوف بطلب المعرفة ولوع بمعرفة ما لم يكن يعرف. هذا التعطش إلى إدراك الحقيقة جزء لا يتجزأ من النفس البشرية يلزم الإنسان من المهد إلى اللحد، وهو قوة يستخدمها المربون فى تعليم النشء وتثقيفه كما انه عامل أساس فى تطور الحضارة. على أنه إذا كان حب المعرفة متأصلا فى نفوس الناس جميعا فان التفرغ للعلم والعناية به، من خواص الخاصة دون العوام ، فمن لم يتذوق حلاوة العلم فى صغره شب جاهلا ، بل إن الكثيرين ممن تعلموا ووصلوا إلى درجة متقدمة من المعرفة فلم يجدوا فى العلم متعة أو لذة فكرية. وفى العصور الماضية من التاريخ بعامة وفى العصر العربى بخاصة كان الحكام والأمراء يقربون العلماء ويعترفون بفضلهم وييسرون لهم عيشهم لكى يتمكنوا من القيام بواجبهم السامى فى خدمة العلم. ولولا ذلك لما ازدهرت العلوم فى العصر الأموى ولما كانت الحياة العلمية فى الأمة قوية ، ولو أنها كانت محصورة فى الصفوة. ولما انتقلت معارف العرب إلى العلماء فى أوربا نهجوا نهج العرب وقام أمراؤهم وملوكهم باحتضان الحركة العلمية وتشجيعها فأسست الجامعات فى القرون الوسطى وبخاصة فى القرنين الثانى عشر والثالث عشر .. ثم تلا ذلك -وعلى مصطفى مشرفة هنا سجين الأيديولوجية السائدة فى تاريخ العلوم الأوروبية- النهضة الفكرية فى أواخر القرن الخامس عشر وأوائل السادس عشر فأنشئت

المجامع العلمية فى القرن السابع عشر وازدادت الحياة العلمية والفكرية نشاطا وحركة بين الأوربيين حتى وصلت إلى ما هى عليه الآن.

ولقد امتد ميدان العلم إلى الآن واتسعت أرجاؤه حتى صار من الصعب أن نجد بحثا من البحوث لم يتناوله أو شأننا من الشؤون لم يعالجه -وعلى مصطفى مشرفة هنا أيضا سجين الأيديولوجية السائدة فى تاريخ العلوم الأوروبية-. مع ذلك فقد حد على مصطفى مشرفة العلم بحدود معينة هى كما أسلفنا :

١- غرض العلم هو الوصول إلى المعرفة ،

٢- يستخدم العلم فى بحثه نتائج الخبرة المباشرة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير المنظم ؛

٣- وأما عن دائرة العلم فهذه هى الطبيعة أو هى كل ما يمكن أن يشاهد بطريق مباشرة أو غير مباشرة.

إذا ذكر مشرفة التفكير البشرى وبين أن لا حدود له فإنما قصد التفكير الحر المطلق من قيود الجاهلات وأغلال الأساطير والخرافات. فطالما رزح الفكر تحت هذه السلاسل مكبلا بها ، ولطالما عانت البشرية من جراء ذلك وبالا. فى القرون الوسطى كانت درجة حرية الفكر ضئيلة ولذا كانت دائرة البحث العلمى ضيقة، ولم يكن يجسر أحد على إعلان رأيه حتى فى أبعد الأمور عن النظم والعادات وأن يرمى بأشنع الطعون وأى شيء أبعد عن المجتمع البشرى وأقل اتصالا بمادته من حركات الكواكب فى أفلاكها؟

ومع ذلك فإن كوبرنيكوس لما قام يدلل على حقيقة هذه الحركات فى المجموعة الشمسية ويبين أن الشمس هى المركز الذى تدور حوله الأرض والكواكب جميعا حورب حربا شديدة. ولم يرد مشرفة أن يخوض فى أمر هذه الاضطهادات التى منى بها العلم والعلماء فى القرون الوسطى فإن خبرها شائع، وإنما ساقها للتدليل على أهمية حرية الفكر كشرط من شروط انتشار العلم بدونه لا يرجى للعلم تقدم أو نمو وبه يمكن من أداء رسالته لا تحده إلا قوانين العقل . لهذا نما العلم واتسعت دائرته فى العصر الحديث .

وهناك صفة أخرى يتميز بها كل قول يقول به العلم وكل رأى يصدر عن عالم ألا وهى صفة تقرير الواقع. فالعلم إذ يتحدث إنما يتحدث عن الوقائع التى تقع تحت سمعنا وبصرنا وسائر حواسنا. وهولا يتحدث عما يقع تحت بصر زيد أو عمر ومن الناس بل عما يستطيع كل إنسان أن يتحقق منه بنفسه ومن طريق حواسه، وفى كل هذا يصوغ العلم علاماته فى صورة خبرية بعيدة عن ميول النفوس وإنما هو يقدر الأمر الواقع من حيث هو وبصرف النظر عن أثره فى النفس البشرية.

هذه المعانى مجتمعة هى ما يعبر عنه العلماء بقولهم إن العلم إنما يتعرض للوقائع ولا يُعنى بالقيم . والقيم هنا لفظ يدل كل ما يرتبط بأغراض البشر من معان تقوم بالذهن ولا تدل على أمر واقع فى الخارج. فالعلم إذ نظر إلى ظاهرة من ظواهر الطبيعة كغروب الشمس ، تمثيلا لا حصرا، حاول أن يصفها كما يجدها كحقيقة واقعة فى الخارج ، فنظر إلى الحركة النسبية بين الأرض والسماء التى ينشأ عنها اختفاء الشمس تحت الأفق ونظر إلى قوانين هذه الحركة وأنظمتها ، كما نظر إلى الإشعاع الصادر عن الشمس ولوجه فى جوف الأرض وتأثر هذا الإشعاع بجزئيات الهواء وبالجسيمات الأخرى التى تعترض سبيله وما ينشأ عن هذا من احمرار يقاس بطول موجة الضوء وهكذا أما ما يحدثه غروب الشمس فى نفس الناظر من شعور بالجمال أو إعجاب بالطبيعة ورهبة من اقتراب الليل ، فكل هذه أمور لا تدخل فى حساب العلم ولا ينصب نفسه لتحصيلها. المقصود أن العلم يرسم لنفسه دائرة لا يخرج عنها هى الدائرة التى يقدر أن يعمل فيها معتمدا المشاهدة المباشرة، من جهة، والمنطق، من جهة أخرى. فكل ما وقع تحت الحس يقع فى دائرة العلم ولا يخرج عن هذه الدائرة إذن إلا ما استحال التحقق من وجوده ، ومعنى هذا فى الواقع إنما هو أن دائرة العلم تتسع لكل ماله وجود فى الخارج.

وإذا أردنا أن يكون لنا مكان معلوم بين أمم الأرض المتحضرة وأن نتبوأ البيئة اللائقة بنا بين الممالك والشعوب لابد أن نضاعف اهتمامنا بالعلوم الحديثة وأن نجعل منها أسسا ثابتة نبني عليها صرح حياتنا الوطنية.

ليس العلم والخبرة الفنية سلعة تباع وتُشتري بل هما نتيجة التحصيل والدرس، والمران. وليس هناك طريق توصل إلى القوة من دون اجتياز صعاب الكد، والأمة التى يقدها الكسل عن المساهمة فى مجهود البشر العلمى والصناعى وتظن أنها تستطيع أن تعيش عالة على ما تنتجه قرائح غيرها من الأمم ، هذه الأمة إنما تعيش فى حلم سرعان ما تنتبه منه لتجد نفسها مهدره الكرامة. ومن أفضح الخطأ الذى يقع فيه الكثيرون ممن يعتبرون أنفسهم قادرين على التفكير فى المجتمع أن يظن أنه يكفى الاهتمام بالناحية الصناعية العملية وحدها. هؤلاء القوم يفخرون عادة بأنهم قوم " عمليون" فهم لا يعنون بالبحوث الفلسفية التى تصممها عقولهم بوصمة العبث. فالتقدم الصناعى فى نظرهم بل والحياة كلها مسألة عملية. وإذن فالواجب أن تحصر الأمة همها فى الناحية العلمية. فمثلا إذا كان المطلوب صنع طائرات فإنه يكفى أن ننشئ مصنعا للطائرات على نمط المصانع الأوروبية أو الأمريكية وأن نعد له مهندسين عمليين يقومون بإدارته ، وعمالا ميكانيكيين يتولون العمل فى المصنع . وأصحاب هذا رأى يسلمون معنا بأن إعداد المهندسين والعمال يقتضى تعليمهم بعض العلوم النظرية كالرياضة البحتة والرياضة التطبيقية وعلم الطبيعة ، ولكنهم ينظرون إلى الاقتضاء كضرورة لا مفر منها. أما التبحر فى دراسة المعادلات الرياضية وفلسفة العلوم الطبيعية فإنه نوع من الترف.

ولكى يدل على مصطفى مشرفة على عظم الخطأ الذى ينطوى عليه هذا الرأى أفترض جدلاً أننا أنشأنا مصنعا فى مصر على الطريقة التى يريدونها. هذا المصنع وعدده التى سنشتريها من الخارج سيتكلف المال طبقاً إلا أن هذا المال سيكون قد صرف فى الحصول على أشياء مادية ترتاح إليها نفوس أصدقائنا العاملين. أقيم هذا المصنع إذن وبدأ فى عمله المصانع فى البلاد التى نقلناه عنها أو على الأصح من الطراز الذى كانت تخرجه هذه المصانع يوم أن نقلناه عنها . وبعد مرور خمسة أعوام سيكون عندنا عدد من الطائرات من طراز التى كان يصنعها غيرنا منذ خمسة أعوام. وبعد مرور عشرة أعوام سيكون عندنا عدد أكثر من الطائرات من طراز مضى عليه عشرة أعوام . وهكذا إلى أن يتجمع عندنا متحف كبير من الطائرات قديمة الطراز . ونكون قد صرفنا الأموال الطائلة فى إعداد هذه الآثار التاريخية التى لا تصلح لشيء إلا أن تكون عبرة لنا ولغيرنا ممن تحدثهم نفوسهم باتباع هذه الطريقة. ذلك أن صناعة الطائرات فى تطور مستمر. وفى الطائرات الحربية بخاصة تتوقف نتائج العمليات الحربية على السبق فى مضمار هذا التطور ثم إن هذا التطور إنما يبنى على نتائج البحوث فى علم حركة الهواء. فكل مصنع من مصانع الطائرات فى البلاد الصناعية متصل بطائفة من العلماء فى حركات الطائرات فى الهواء ، وأوتوا من المقدرة على دراسة العلوم الرياضية والطبيعية ما يمكنهم من متابعة أبحاثهم ودراساتهم. وليس فى وسع مهندس يشرف على عملية صنع الطائرات أن يتفرغ للبحث العلمى فى علم حركة الهواء. إننا لا نقدر أن نجعل من كل مهندس عالماً رياضياً وطبيعياً.

ومن الحمق أن يظن أننا نقدر أن نعتمد الذين باعوا لنا أجهزة المصنع أو على غيرهم من المشتغلين بصنع الطائرات أو بتحسين نوعها فى تحسين طائراتنا فنحن ننافسهم فى ميدان الصناعة والمنافس لا يعمل على ترجيح كفة منافسة . ألا نرى إذن أننا حين حصرنا همنا فى تشييد المصنع بحجة أننا قوم عمليون وأهملنا دراسة العلوم الرياضية والطبيعية ، إنما كان مثلنا كمثل من عنى بالصرح ولم يعن بالأساس الإستمولوجي.

لذلك كان على مصطفى مشرفه قد دعا إلى تدوين العلوم باللغة العربية بحيث تصبح اللغة العربية غنية بمؤلفاتها فى مختلف العلوم ، ولا شك فى أننا فى أشد الحاجة إلى كتب عربية فى كل فرع من فروع العلم. ففى حين نجد كل لغة من اللغات الحية غنية بكتبها ومؤلفاتها العلمية تنفرد اللغة العربية بفقرها فى المؤلفات العلمية ولا يكاد يوجد كتاب واحد فى أى فرع من فروع العلم يمكن اعتباره مرجعاً أو حجة. والكتب التى تظهر يكون مستواها عادة منخفضاً لا يزيد على مستوى التعليم الثانوى أو المرحلة الأولى من التعليم العالى وهذا الأمر جد خطير فإننا إذا لم ننقل العلوم إلى اللغة العربية ولم ندونها بقينا عالة على غيرنا من الأمم وبقيت دائرة العلم فى مصر محصورة فى النفر القليل الذين يستطيعون قراءة الكتب الأجنبية العلمية وفهمها.

وحالنا اليوم تشبه ما كانت عليه حال العرب في القرنين الثامن والتاسع أو ما كان عليه حال أوروبا في القرون الوسطى. فالعرب تنبهوا إلى ضرورة نقل علوم الإغريق إلى اللغة العربية فقام الخلفاء والأمراء بتشجيع العلماء على الانقطاع إلى النقل والتأليف ولعل القارئ يذكر المكتبة الكبرى في أيام الخليفة المأمون التي كانت تعرف بخزانة الحكمة وأن كثيرا من علماء ذلك العصر كانوا منقطعين إليها يشجعهم على ذلك ما تحلى به المأمون من الرغبة في العلم ، "وقد كان من نتيجة هذا كله أن صارت اللغة العربية لغة العلم والتأليف وبقيت محتفظة بسيادتها العلمية على لغات الأرض جميعا عدة قرون."^(٢) وعلى الدولة ألا تضن بالمال الواجب إنفاقه في هذا السبيل. "والطريقة المثلى لذلك هي أن تعهد الدولة للقادرين من العلماء في كل فرع من فروع العلم بنقل الكتب العلمية وتأليفها وأن تقوم الدولة بطبع هذه الكتب ونشرها. ولابد من تضافر العلماء فكل كتاب ينقل أو يؤلف يجب أن تقوم عليه لجنة تجمع خيرة من تخصصوا في موضوع الكتاب ولا يخفى ما في هذا العمل من مشقة وماله من ارتباط بتطور اللغة العربية العلمية ومصطلحاتها. والتأليف العلمي هو الوسيلة الطبيعية لنحت هذه المصطلحات في اللغة العربية، فكل لغة حية إنما تنمو عن طريق التأليف والكتابة. واللغة العلمية وليدة التفكير العلمي ، والمصطلحات العلمية في اللغة العربية فيما بين القرن التاسع الميلادي إلى القرن السابع عشر الميلادي إنما نشأت بالطريقة نفسها التي نشأت بها في اللغات الأوروبية بعد ذلك، ونتجت عن نمو العلم والتأليف. ومن العبث أن يقوم مجمع بفرض المصطلحات على المؤلفين فرضا وإنما تأتي مهمة المجمع بعد مهمة المؤلفين لا قبلها فالمجمع اللغوي يجمع ما ورد في الكتب العلمية من مصطلحات ويدونها ويفسرهما.

وموضوع التأليف العلمي وارتباطه بحياتنا الفكرية إنما هو جزء من موضوع أعم ألا وهو العلاقة بين ثقافتنا العلمية الماضية والمستقبلية وهو موضوع الأسس التي يجب أن نبني عليها صرح مجهودنا العلمي. فالثقافة العلمية في كل أمة عنصر مهم من عناصر ثقافتها العامة ، وكما أن الأمة المتحضرة تكون لها ثقافة أدبية ترتبط بتاريخها وتتجسم في لغتها، كذلك تكون للأمة المتحضرة ثقافة علمية ترتبط بتاريخ التفكير العلمي فيها وتحتوي ما ابتكرته عقول أبنائها من الآراء والنظريات العلمية وما وصلت إليه من الكشوف في سائر ميادين البحث العلمي وما نقلته وهذبته واستساغته من آراء غيرها مما دخل في صلب المعرفة البشرية على مر العصور والأجيال."^(٣)

وقد وصل رشدی راشد بنحو فريد الثقافة العلمية العربية بالماضي العربي فاكتملت بذلك قوة متميزة في البحث الدولي في تاريخ العلوم بعامة، وتاريخ العلوم العربية بخاصة. وبفضل إسهامه الفذ في التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها، عدنا لا ننقل المعرفة عن غيرنا. صارت متصلة بماضيها وتربيتنا فهي بضاعة من داخل عليها طبيعة طبيعية ، طبيعية في اللفظ وطبيعية في المعنى ، إذا ذكرت النظريات قرنت بأسماء

عربية صار المرء منا يتبين معالمها وإذا عبر عن المعانى فبالفاظ واضحة. وينبغي أن نقول إن رشدى راشد عمل على إرساء هذا التجديد. فقد حقق وقدم ودرس المخطوطات العلمية التى وضعها علماء العربية ونقل عنها الغربيون ككتب الخوارزمى وأبى كامل فى الجبر والحساب وكتب ابن الهيثم فى الرياضيات وكتب البوزنجانى والسموأل والكرجى وإبراهيم الحلبي وابن سينا والفارابى والكندى والقوهى وابن سهل وشرف الدين الطوسى ونصير الدين الطوسى وعمر الخيام وبنى موسى وابن قره وإبراهيم ابن سنان والخازن وابن هود والبيرونى وغيرهم من قادة التفكير الرياضى العربى. بعض هذه الكتب والمخطوطات محققة الآن، ولم تعد محفوظة فى مكتبات ومتاحف الأرض ومغاربها، ويعرف عنها الدارسون العرب فى العالم كما يعرف العالم ويقومون بترجمتها وشرحها والتعليق عليها وينشرون هذا كله بلغات أجنبية فى مجلاتهم العلمية. تولى الدارسون العرب أنفسهم تلك المهمة فى مراكز الأبحاث العالمية العلمية. وقدم رشدى راشد السلف من العلماء العرب فكان لنا فى ذلك حافزا للاقتداء بهم وتتبع خطاهم. وقد بذل بعض الجهود فى هذا السبيل فى السابق. وعلينا فى القرن الحادى والعشرين أن نزيد فى هذه الحركة. فالتأليف العلمى وإحياء كتب العرب وتمجيد علمائهم وتوجيه رأى العام نحو التفكير العلمى أمر له صعوبته. ومنذ مطلع العقد الثالث من القرن العشرين اتجه تفكير بعض المشتغلين بالعلوم فى مصر إلى إنشاء جمعية تشبه الجمعية البريطانية والجمعية الأمريكية لتقدم العلوم فنشأت هيئة سميت "المجتمع المصرى للثقافة العلمية" وعقدت هذه الهيئة اجتماعات سنوية أقيمت فيها محاضرات باللغة العربية ونشرت فى كتاب سنوي. ويروى على مصطفى مشرفه: "ولعلى لا أكون مغاليا إذا قلت إن مجموعة تكاد تكون فريدة فى بابها باللغة العربية لما احتوت عليه من المباحث والآراء العلمية ذات القيمة الحقيقية . ومع أن هذه الجمعية ثابرت على عقد اجتماعاتها السنوية فبقيت تؤدى رسالتها عاما بعد عام ومع أن المحاضرات والمباحث التى أقيمت فى هذه الاجتماعات السنوية كانت قيمة كما ذكرت بل وشائقة أيضا لارتباطها بما يهتم له الناس فى مصر من مشروعات عمرانية كالرى والزراعة والصناعة وغيرها. مع هذا كله فإن الفارق كان عظيما وملموسا بين اجتماعات جمعيتنا واجتماع الجمعية البريطانية أو الجمعية الأمريكية فلا الصحافة خصصت أعمدتها لتلخيص المحاضرات ولا الإذاعة أدخلتها فى برامجها وأنبائها مما أدى إلى قلة إقبال الناس على حضور الاجتماع والاستماع إلى المحاضرات."^(٤)

والموقف التقليدى للعلم إزاء المجتمع ينحصر فى أن العلم يعيش فى صوامعه ، وأن العلماء يبنون لأنفسهم بروجاً عاجية ينصرفون وراءها إلى عملهم وينكبون على أبحاثهم لا يطلبون من المجتمع إلا أن يتركهم وشأنهم. وهو موقف الجامعات والهيئات العلمية فى القرون الوسطى وما بعدها إلى أوائل القرن العشرين وقد كان العلماء قانعين ببروجهم العاجية معتمدين المساعدات المالية التى كان يقدمها لهم أو لو الفضل من الملوك والأمراء والمحسنين الذين كان يدفعهم حبهم للعلم وشغفهم للحق إلى وقف أموالهم على العلم والعلماء .

لكن الدولة الحديثة قد صارت تعتمد العلم فى كل مرافقها بل إنها لتعتمد فى الدفاع عن كيانها ووجودها وعاد لا يكفى أن يبقى العلم معزولا عن المجتمع كم أنه لم يعد من المعقول أن تدبر الجامعات والهيئات العلمية أموالها من الهبات والصدقات. شعر المجتمع الحديث بحاجته الملحة إلى العلم فصار لزاما عليه أن يتعهد العلم وأن يحميه وأن ينفق عليه ، فالجامعات يجب أن يرصد لها فى ميزانية الدولة ما يسمح لها بالنهوض بمهمتها.

وأهم من المعونة المادية، استقلال الفكر . فالعلم لا يخضع لغير طلب الحقيقة . والجامعات والهيئات العلمية ينبغى أن تترك مستقلة لا تخضع لسلطان السياسة ولا لسلطان الجاه ولا لسلطان المال فهى تحقق أغراضها بنفسها.

فالإجابة على السؤال ما الذى يطلبه العلم من المجتمع هى أن العلم يطلب أن توفر له وسائل البحث وأن يترك مستقلا فى عمله — واستقلال العلم ناشئ عن تقدم العلم . فالعلم الذى يخضع لمؤثرات سياسية أو خارجية علم باطل مآله الركود.

"ونحن لا نزال فى مصر بعيدين عن تقدير العلم تقديرا صحيحا وإحالة المكان الذى تحله فيه الأمم المتحضرة . فالعلم فى مصر ليس له مقام معلوم فى ذاته بل إنه يكتسب قيمته فى المجتمع بطريق عرضى وغير مباشر ، وبذلك تشبه الحال فى مصر من هذه الناحية ما كانت عليه الحال فى أوروبا فى القرون الوسطى وتقدير العلم لذاته يحتاج إلى درجة عالية من التقدم بين الأمم وقديما قيل " لا يعرف الفضل إلا ذووه" ولذلك فإن درجة التقدم العلمى للأمة تكون هى ذاتها مقياسا لتقدير العلم فى الأمة [...] فرجال العلم ليس لهم مقام فى الدولة بحكم أنهم رجال علم وإنما يكتسبون مقامهم بطريق غير مباشر فيرتبون حسب الدرجات المالية لوظائفهم إذا كانوا موظفين فى الدولة أو حسب جاههم وسلطانهم إذا كانوا من ذوى الجاه والسلطان . وتقدير العلم لذاته وأن كان موجودا فعلا عند بعض الطوائف الخاصة من المتعلمين إلا أنه لا يمكن اعتباره شاملا لغيرهم من الطبقات ولعلنا نذكر أن أحد وزراء المعارف السابقين جاهر أمام برلمان الأمة بأنه يرى أن هناك إسرافا فى تعليم العلوم فى مصر ، وبنى رأيه على عملية حسابية هى غاية ما تكون فى البساطة والسذاجة فى آن واحد ذلك أنه قسم عدد الجنيهات التى صرفت على تعليم العلوم على عدد الشبان الذين منحوا الدرجات العلمية ثم استكثر خارج القسمة واعتبره دليلا على الإسراف .

فكأنما العلم سلعة مادية قوامها الكم والعدد أو كأنما هو بضاعة تباع وتشتري للناس فى الأسواق ومع أننى لا أعتبر وجهة نظر هذا الوزير السابق ممثلة للرأى العام فى مصر إلا أننى أرى أن مجرد وقوع مثل هذا

الحادث فى الوقت الذى تهتم فيه الأمم جميعا بالعلم وترفع من شأنه دليلا على أننا لا نزال فى حاجة إلى تنوير الرأى العام وإرشاده ورفعته إلى المستوى الذى يسمح له بتقدير العلم تقديرا صحيحا.^(٥)

كان المجتمع فى الماضى يترك أمر تطبيق العلم للاجتهاد الفردى فنشأت طائفة من المخترعين مهمهم الاستفادة من التقدم العلمى لخدمة أغراض معينة فى المجتمع. لكن فى العصر الحديث، صارت الدولة مسؤولة عن المرافق العامة. "والدولة لا تستطيع أن تقوم بأعباء هذه المسئوليات المتعددة إذا لم تستعن بالعلم ونتائج تطبيق العلم . يضاف إلى ذلك أن مسئولية الدولة فى هذه الأمور كلها تقتضى وضع سياسة يلحظ فيها التطور من الحال إلى الاستقبال فلا يكفى أن توفر الغذاء والكساء للامة المصرية عام ١٩٤٥ فحسب بل يجب أن نفكر فى عام ١٩٤٦ بل فى عام ١٩٥٠ وبعبارة أخرى يجب أن تكون للدولة سياسة إنشائية ثابتة فى الإنتاج الزراعى والإنتاج الصناعى وفى الصحة وفى التعليم وفى الاقتصاد ولكى نفعل ذلك يجب أن تحصى موارد الثروة فى الدولة إحصاء دقيقا وأن تستخدم هذه الموارد وأن تنمى على أساس علمى . ولأضرب لذلك مثلا ففى إنجلترا كان الإنتاج الزراعى متروكا أمره للمجهود الفردى ولذلك لم يكن إنتاج بريطانيا العظمى من الحبوب وسائر الحاصلات الزراعية لم يكن هذا الإنتاج يزيد على ثلاثة إسباع الاستهلاك ، وفى سنة ١٩٤٢ صدر قانون بإنشاء مجلس أعلى للزراعة يهيمن على عملية الإنتاج الزراعى باستخدام الآلات الميكانيكية والأسمدة الكيماوية بعد دراسة علمية لطبيعة الأراضى فى سنتين اثنتين أى من سنة ١٩٤٢ إلى سنة ١٩٤٤ زاد الإنتاج الزراعى بنسبة ٦٧% وصار مقدار الإنتاج كافيا لسد حاجة المستهلكين فى بريطانيا العظمى خمسة أيام فى الأسبوع بدلا من ثلاثة أيام فى الأسبوع كما كان الحال فى سنة ١٩٤٢ وأظن أن هذه نتيجة باهرة تشهد بفضل الطريقة العلمية واستخدامها لخير المجتمع ، وحكم الزراعة فى ذلك حكم غيرها من جهود الأمة فقد قامت الحكومة البريطانية وقامت الحكومة الأمريكية بوضع خطط إنشائية مبنية على دراسات علمية فأنشأت وزارات ومصالح مختلفة ترمى إلى تنسيق الجهود ودروس المشاكل على أساس علمى ووضع خطط لتنمية الموارد وتوفير الحاجات . ولا شك فى أن القارئ قد سمع بمشاريع الإنشاء والتعمير فى كل من إنجلترا وأمريكا . فأساس هذه المشاريع وجود مجالس فنية تعتمد على الدراسات العلمية فتبنى عليها سياسة ثابتة للحال والاستقبال وليس الأمر قاصرا على بريطانيا وأمريكا فمنذ بضعة أسابيع التقيت فى القاهرة بعالم هندى جاء من الهند ومعه ثلاثة علماء آخرون وقد قص على هذا العالم الغرض من سفره فقال " إن حكومة الهند قد اعترمت إنشاء وزارة تعنى بالمشروعات العمرانية على أساس علمى تخصص لها نسبة ثابتة من ميزانية الدولة تقدر فى الوقت الحالى بمبلغ أربعة ملايين من الجنيهات على أن تضم هذه الوزارة الهيئات والمصالح العلمية فى الهند فيتكون منها جميعا مجلس أعلى للوزارة يدرس المشكلات ويضع الخطط وينظم

التنفيذ " والغرض من سفر صديقي العالم الهندي وإخوانه هو زيارة إنجلترا وأمريكا لدراسة النظم التي وضعتها الحكومة في كل من هذين البلدين للاستفادة منها في تنفيذ النظام المقترح في الهند." (٦)

عنيت مصر بأمر البحوث العلمية والصناعية وتوجيهها نحو خدمة الزراعة والصناعة والاقتصاد القومي. على أن الظروف لا تزال تلح علينا في تنفيذ هذا فالمشكلات لا تزال تواجهنا وستستمر تواجهنا في القرن الجديد ، ولم يعد من الجائز عقلا ولا منطقا ولا ضميرا أن نعتمد على الارتجال في حل مشكلاتنا القومية . فالارتجال اليوم معناه التخبیط ولا يمكن أن يؤدي إلا إلى الفوضى في التفكير وفي العمل على حد سواء .

وقد أدرك هذه الحقيقة محمد على فعرف أن الثروة القومية إنما تقوم على المشروعات العمرانية ، إذ أن هذه المشروعات تزيد في مقدار الثروة الأهلية بما توجده من منشآت مستحدثة فيتضاعف بذلك الدخل القومي وتنتعش الحياة وتتولد الحركة في جسم الأمة فتصل إلى القوة . لذلك قام محمد على بشق الترع وإنشاء القناطر والعناية بشئون الري كما قام بإنشاء المصانع والمباني العامة وتعبيد الطرق فازدادت بذلك ثروة مصر أضعافا مضاعفة ، وقد كان الاتجاه في ذلك العصر بطبيعة الحال نحو الزراعة التي كانت أساس الثروة القومية فنشأ عن ذلك في عصر محمد على وفي العصور التالية له اهتمام خاص بمشروعات الري وصارت أمور الري ومشروعاته تشغل الجزء الأكبر من جهود وزارة كاملة هي وزارة الري.

٥-١ البحث العلمي وتنظيمه

يروى عن إسحق نيوتن أنه سئل كيف اهتدى إلى الكشف عن قوانين الجاذبية فكان جوابه بإعمال الفكر فأسحق نيوتن، هو الذي وصل إلى معرفة قوانين حركات الكواكب ووجد قوانين الحركة بين الأجرام الأرضية والأجرام السماوية.

إن كان ينسب القول بالتطور إلى داروين وأن ينسب الكشف عن عنصر الراديوم إلى كوري أقول وإن كان ينسب إلى الأفراد إلا أنه في الواقع نتيجة لتفكير الجماعة فلولا الكشوف التي سبقت عصر داروين في علم الحيوان وفي علم النبات لما قال داروين بالتطور بل لولا ما كان يحيط بداروين من تفكير في عصره لما استطاع أن يعمل ما عمله.

كذلك لولا بحوث بكرل ومن سبقه من علماء الطبيعة بل وعلماء الكيمياء ولولا التعاون الفكري الذي كان يحيط بمدام كوري وزوجها لما استطاعا أن يفسرا اسوداد ألواحهما الحاسة بنسبته إلى شعاع خفي من عنصر

جديد . فتنظيم البحث والتفكير إذن شرط من شروط تقدم العلم ولعل هذا الشرط هو العامل الأول في ازدياد الإنتاج العلمى فى العصر الحديث.

ينبغى " أن نعنى بالبحث العلمى فى الجامعات التى أنشأناها وفى كل جامعة أخرى نقوم بإنشائها . يجب علينا أن نذكر أن مقام الجامعة بين جامعات العالم لا يكون بعظمة مبانيها ولا بكثرة طلبتها ولا بضخامة ميزانيتها وإنما تقاس رفعة الجامعة وعلو شأنها بمقدار ما تنتج من البحوث العلمية فهذه هى التى تنشر على الملأ بين العلماء وهى التى تبقى على مر العصور . يجب إذن أن نحرص كل الحرص على انتقاء أساتذة الجامعة من بين الذين برهنوا على مقدرتهم على البحث العلمى وشغفهم به وإرشاد غيرهم فيه ، ويجب أن نسارع إلى تشجيع الباحثين منا بكل ما تملك الدولة من وسائل مادية وأدبية . يجب أن يشعر كل مشغول فى ميدان البحث العلمى أن عمله مقدور مشكور وأن ميدان هذا العمل هو الميدان الوحيد للتنافس بينه وبين غيره من الباحثين . وعلى أولى الأمر منا أن يعنوا أشد العناية بهذه الناحية من نواحي الحياة الجامعية وأن يضعوا هذا الاعتبار فوق كل اعتبار آخر وألا يجاروا بعض قصيرى النظر ممن يقيسون عمل الجامعة وحاجاتها بعدد الطلبة وعدد الدروس التى تلقى عليهم.

ومن ناحية أخرى يجب أن نسارع إلى إنشاء مجمع علمى يتصل اتصالاً وثيقاً بحياة علمائنا وبأبحاثنا ويكون له من المقام العلمى ما لغيره من مجامع الأمم المتحضرة . وفى رأى أن إنشاء هذا المجمع أمر لا مفر منه إذ أردنا للبحث العلمى فى مصر نمواً واطراداً . واختيار أعضاء هذا المجمع عمل من أهم الأعمال وأبعدها أثراً فى مستقبل حياتنا العلمية . فالجاء والمنصب والنفوذ الشخصى كلها أمور محلية يجب أن لا نقيم لها وزناً فى اختيار أعضاء المجمع . والشئ الوحيد الذى يجب أن يدخل فى حسابنا هو المقام العلمى المبني على الإنتاج المبتكر فى ميدان البحث العلمى. ثالثاً يجب علينا أن نعنى بنشر البحوث العلمية التى يقوم بها أساتذة الجامعة وسائر المشتغلين بالبحث والابتكار. فالكثير منا يكتفى اليوم بنشر أبحاثه بالمجلات الأجنبية لما لهذه المجلات من مكانة معترف بها . لو أن ما ينشر فى كل سنة من بحوث المصريين والمقيمين فى مصر فى هذه المجلات الأجنبية لو أنه جمع ووضع بين دفتين لكفى لإخراج مجلة بل لعله يكفى لإخراج مجلات متعددة. وفى رأى أنه قد آن الأوان لتنظيم إصدار مجلة أو عدة مجلات علمية فى مصر. وإذا أنشئ المجمع الذى أشرت إليه فإن البحوث التى تلقى فيه ستنتشر بطبيعة الحال فى مجلة دورية أو نشرات متسلسلة تدون فيها بحوثه العلمية. وفى البلاد الأخرى تعرض البحوث عادة على محكمين مخصصين يقومون بفحصها وتقرير صلاحيتها أو رفضها ولا يضير المجلة أو الهيئة العلمية أن يكون المحكمون خارجين عنها فالبحث العلمى اليوم قد وصل إلى درجة عالية من التخصص الضيق بحيث لا يوجد فى العالم كله إلا نفر قليل يستطيع كل منهم أن يحكم على مستوى بحث معين. ونحن إذا سلطنا هذا السبيل فلن يضيرنا الالتجاء إلى

محكمين من غير المقيمين في مصر كلما وجدنا ضرورة لذلك لكي نحافظ بمستوى عال لمجلاتنا العلمية. وستكون اللغات التي تنشر بها الأبحاث هي اللغات العلمية الأربع المعترف بها في المؤتمرات الدولية ولكن واجبنا نحو اللغة العربية ونحو أنفسنا يقضى علينا بنشر تراجم أو ملخصات عربية لكل ما ينشر.

فإذا نحن قمنا بإنشاء مجمع علمي على النحو الذي ذكرته ونظمنا نشر البحوث بالطريقة التي وصفتها فإن على الدولة أن تقوم بتخصيص المال اللازم لتشجيع البحوث والإنفاق عليها وعلى رجال العلم أن يطالبوا الدولة بذلك لأنهم أبصر من غيرهم بضرورته وفائدته .

هذا إذن ملخص ما يكون عليه تنظيم البحث العلمي في دائرته البحتة أو الأكاديمية ولقد خطونا خطوات محسوسة في هذا الميدان. فالبحوث العلمية البحتة موجودة فعلا يقوم بها علماءنا في الجامعة وخارج الجامعة وينشرون في مجلات أجنبية أو محلية. فإذا نحن نظرنا إلى البحوث التطبيقية رأينا صورة تختلف عن هذه الصورة. فكمية البحث التطبيقي في مصر ضئيلة لا تكاد تذكر والمجال أوسع للخلق والاستحداث . فالبحث الصناعي مثلا يكاد يكون منعدما . حقيقة توجد بحوث في الناحية الزراعية تقوم عليها بعض أقسام وزارة الزراعة والجمعية الزراعية الملكية وهذه لها قيمتها وأثرها في تقدم الزراعة في مصر . كما توجد بحوث تطبيقية يقوم بها بعض الأفراد والهيئات داخل الجامعة وخارجها إلا أن هذه جميعا لا تزال في حاجة إلى كثير من التوجيه والتنظيم كما أنها في حاجة إلى أن تتصل بالبحوث العلمية البحتة . أما في الناحية الصناعية فإن مشكلاتنا الصناعية لا تكاد تلقى عناية تذكر . فلنأخذ مثلا صناعة التعدين نجد أن الشركات الأجنبية التي تقوم بالبحث عن المعادن بما في ذلك البترول في مصر تتفق أموالا طائلة على البحث الصناعي المحلي ولولا ذلك لاهتدت هذه الشركات إلى أماكن استخراج البترول والمعادن الأخرى . إنما كان الأولى أن نقوم نحن بالبحث عن هذه المعادن في صحرائنا وأن نخصص الميزانية اللازمة لذلك . أن البحث عن المعادن يقوم على أساس علمي من التجارب وله طرائق خاصة ليست سرا على رجال العلم ولا تتطلب عمليات البحث مؤهلات علمية عالية وإنما تطلب شيئا من بعد النظر ومن التنظيم وفي رأيي أنه يجب أن يكون لنا سياسة ثابتة في صناعة التعدين تقتضي تخصيص أموال في ميزانية الدولة للبحث العلمي عن معادننا وما اختبأ في جوف الأرض من ثروتنا الطبيعية.

وإذا كان صرف الأموال في هذا البحث يستحق أن يعمل في نظر شركات تأتينا من بعيد لهذا الغرض فإنه يجب أن يكون أكثر استحقاقا في نظرنا نحن أهل البلاد . ولا يمكن أن توصف سياسة ترك البحث عن معادننا لهيئات أجنبية إلا بأنها قصيرة النظر . فكل قرش يصرف في هذا البحث يعود إلى صاحبه أضعافا مضاعفة .

كذلك ننظر إلى العمليات المختلفة التي تدخل في صناعتنا . إن كل عملية صناعية خاضعة لتطور مستمر كنتيجة للبحث الصناعي فأين الباحثون وأين الأموال المخصصة للبحث ؟ !

ذكرتُ أن أماننا ثلاث مسائل. الأولى هي مسألة البحث العلمي البحث، وقد فرغت منها. والثانية هي مسألة البحث العلمي التطبيقي أو الصناعي. والثالثة تنظيم العلاقة بين هذين النوعين من البحوث. والنظر في المسألة الثانية يقترن بالنظر في المسألة الثالثة. فالبحث العلمي التطبيقي أساسه البحث العلمي البحث كما قدمت وإن فلكى ننظم البحث التطبيقي وجب علينا أن نبني هذا التنظيم على البحوث العلمية البحتة.^(٧)

٥-٢- التعاون العلمي الدولي

ينهض التعاون العالمي بين العلماء منذ زمان بعيد. فالعلماء في مشارق الأرض ومغاربها يكونون أسرة واحدة تربطهم روابط وثيقة. فالعالم الأمريكي في معمله يُتم بحثاً وينشره في مجلة أمريكية باللغة الإنجليزية وبعد مدة وجيزة تكون هذه المجلة في أيدي علماء أوروبا وآسيا وأفريقيا وأستراليا فإذا هم متكاتفون على دراسة هذا البحث ثم هم بعد ذلك معقبون عليه أو محصون له وقد يحدث أن يثير هذا البحث اهتمام عالم في آسيا فيقوم بتجربة متممة لتجربة العالم الأمريكي وينشر نتائجها في مجلة يابانية بلغة أخرى كاللغة الألمانية ثم يتلقف الفكرة بعد ذلك عالم نرويجي ينشر بحثه باللغة السويدية. بل إن الذي يحدث في كثير من الأحيان هو أن يشتغل العلماء في قارات البسيطة المختلفة في بحث مسألة واحدة فتتكون فرق من العلماء في فروع العلم تجمعهم الرابطة العلمية وإن تفرقوا على سطح المعمورة.

ينهض هذا التعاون العلمي بين العلماء منذ زمان بعيد وقد نشأ عن تنظيمه والعناية به ازدياد عظيم في تقدم العلم. وعدا تبادل المجالات العلمية بين الأمم المختلفة هناك وسائل أخرى لتحقيق تعاون العلماء كعقد المؤتمرات وتبادل الأساتذة بين الجامعات وإرسال البعثات العلمية وانتخاب أعضاء أجناب ومراسلين في المجامع العلمية. وقد نشأ عن هذا كله أن صار العلماء في مشارق الأرض ومغاربها ينظرون إلى أنفسهم كأسرة واحدة . وفي وسط هذا كله هناك التنافس المشروع بين العلماء جميعاً.

ومما سجله على مصطفى مشرفة هو أن التعاون بين علماء الأمم المختلفة لم يكن ليتحقق لو لم يسبقه تنظيم التعاون بين علماء الأمة الواحدة. لأنها تنطبق لا على التعاون العلمي وحده ولكن تعاون منتج بين الأمم فقبل أن توجد الجمعيات التي تنظم المؤتمرات التي تشترك فيها الدول المختلفة وجدت الجمعيات التي يربط كل منها بين علماء الدولة الواحدة . وبعبارة أخرى قد كان من الضروري أن ينشأ المجمع العلمي في باريس

والجمعية الملكية فى لندن والمجامع العلمية فى واشنطن وطوكيو قبل إنشاء الجمعيات الدولية الدائمة فى جنيف وبروكسل .

إلا أن هذا التعاون محدود المدى فهو لا يخرج عن دائرة العلوم الأكاديمية وهى دائرة تكاد لا تمس حياتنا اليومية ، فالعلماء يشتغلون فى معاملهم ومكتباتهم وجامعاتهم ويحضرون اجتماعات جمعياتهم العلمية ويطالعون نتائج أبحاث زملائهم من العلماء ثم هو يحضرون المؤتمرات الدولية . وهم فى هذا كله بعيدون عن مشكلات الحياة اليومية لا يعنون بأمرها إلا بقدر ما يعنى الفرد العادى أو دون ذلك . ولكن لم يعد من الممكن للعلم أن يحتفظ بموقفه التقليدى إزاء المجتمع :

"وهنا يجدر بالمفكر أن يفرق بين العلم البحث الذى يرمى إلى المعرفة لذاتها وإلى نوع آخر من المجهود البشرى له صلة بالعلم وإن لم يكن منه فى شيء وأقصد به الاختراع أو العلم التطبيقى كما يسمى . ولاشك فى أن المسؤولية الحقيقية فى استخدام مثل هذه الآلات إنما تقع على الذين يقومون على استخدامها فى التدمير والتعذيب . وكل ما يمكن أن نطلبه إلى العلماء أن يبينوا الأخطار التى تنجم عن تطبيق علمهم فى اختراع مثل هذه الآلات . وعلى القائمين على تنظيم التعاون العالمى أن يسنوا القوانين لدرء هذه الأخطار وأن يعاملوا من تحدته نفسه باستخدام نتائج العلم فى التدمير والتخريب معاملة المجرم سواء بسواء وأن يكون لديهم من سلطة التنفيذ ما يمكنهم من معاقبة هؤلاء المجرمين والقضاء عليهم وقطع دابرهم . والنظام القائم الآن فى الأمم المختلفة يسمح لكل مخترع باختراع ما يشاء من الآلات كما يسمح له بتسجيل اختراعه بحيث يصبح له الحق فى الحصول على الفائدة المالية التى تنشأ عن استخدام اختراعه ، ولا تفرق القوانين الحالية بين المخترعات المختلفة ضارها ونافعها . وأكثر من ذلك تقوم كل حكومة بتشجيع المخترعين على استحداث وسائل التدمير والتخريب وترصد لذلك الأموال فى ميزانياتها ويتسابق الجميع فى هذا الميدان تسابقا عنيفا . ولا شك فى أن هذا النظام فاسد يجب تغييره إذا كانت الأمم جادة فى طلب التعاون العالمى كما يجب أن يحل محله نظام آخر مبنى على تفرقة واضحة بين ما هو مشروع وما ليس بمشروع فى الاختراعات والوسائل المستحدثة . فإذا وضع نظام كهذا وتعاونت الأمم على تنفيذه بإخلاص وكانت لديها الوسائل الناجحة لضمان تنفيذه . أقول إذا حدث كل هذا فإن المخترعين سيتجهون باختراعاتهم فى النواحي المشروعة ونكون بذلك قد وجهناهم توجيهها صحيحا نحو فائدة البشرية. ويجب أن تعامل الحكومات فى هذا معاملة الأفراد سواء بسواء." (٨)

إذن فالعلم إنما يرمى إلى المعرفة. والمخترعون ومن يقوم على تمويلهم وتشجيعهم هم الذين تقع عليهم التبعة الأولى. أليس معنى هذا أن العلماء إنما يتملصون من كل تبعة ويلقونها على غيرهم خطأ أم صواباً ثم يتركون الأمور والتنظيم لغيرهم ويعودون إلى صوامعهم وإلى موقفهم التقليدي إزاء المجتمع ؟

٥-٣- تاريخ العلوم في مصر

يذكر على مصطفى مشرفة أنه حضر مؤتمراً عقد في لندن حوالى عام ١٩٣٠ سمي المؤتمر الأول لتاريخ العلوم وقد حضر هذا المؤتمر نفر غير قليل من العلماء قادمين من أمم متعددة. في هذا المؤتمر سمع الخطباء يضربون على نغمة واحدة ألا وهي أن تاريخ العلوم لابد أن يعنى به العناية كلها لأن التقدم العلمى أهم بكثير للبشرية من الحروب التى يسجلها التاريخ. وقد كان الغرض الأول من عقد هذا المؤتمر إثارة اهتمام الرأى العام بتاريخ العلوم وتوجيه الجامعات والمدارس نحو العناية بهذه الناحية من نواحي التاريخ وقد عاب الخطباء على المجتمع أنه لا يحفل بأمر تاريخ العلوم فى حين أنه يعنى العناية كلها بتاريخ الملوك والأمراء وما يحدث بينهم من حروب ومعاهدات وأشياء أخرى.

٥-٤- تاريخ العلوم والسياسة

لرشدى راشد مواقف سياسية واضحة، لكنه لا يعبر عنها فى صيغة مقال فى الصحف أو تصريح فى المجالات، فهل هناك قطيعة تامة بين العلم والسياسة؟

إن لفظ السياسة^(٩) لا يزال يحمل معه طائفة من المعانى ، التى تبعث الريبة وتدعو إلى الحذر. مع إن السياسة، هى أرفع الفنون البشرية منزلة ، فكل فن من الفنون إنما يرمى إلى تحقيق فائدة لنفر من الناس ، أو جماعة من الجماعات. أما فن السياسة فغرضه نفع الناس جميعاً. كان المثال الفلسفى محور الحياة اليونانية القديمة. واحتل الفرق بين الحياة النظرية، والسياسية، والاقتصادية، مكاناً ممتازاً فى فلسفة العصور الوسطى : قصص رشل وليا، مارت وماري، الأخوة المبشرين، ومسألة تفوق الحياة النظرية الخالصة أو الحياة المزدوجة. لكن الفرق بين الحياة البحثية المنزهة من الأغراض، والحياة العملية، والحياة الاقتصادية، لازال محور البحث إلى الآن. وترجع قيمة كل من هذه الأنواع إلى مقارنة عبر عنها قديماً هرقليطس فى الأكاديمية القديمة. كان فيثاغوراس أول من سمى نفسه باسم "الفيلسوف". وقارن فيثاغوراس الحياة بإستاد الرياضة. فهناك من يتفرج، وهم الأفضل فى نظر فيثاغوراس، وهناك من يمارس اللعبة، وهناك من يتبضع. كذلك فى

الحياة هناك من يولد عبداً للمجد، أو عبداً للثراء أو عبداً للحقيقة- وهو الفيلسوف. من هنا كان ترتيب القيم : الحياة النظرية؛ الحياة العملية أو السياسية؛ الحياة التجارية. واقترن هذا الترتيب بنظرية "الغايات" : ما يجب أن تكون عليه غاية الحياة الكاملة؟ وترتيب الغايات هو الذى حكم خيار نوع الحياة. واقترن أيضاً بالسؤال القديم : ما الإنسان السعيد؟

وفى ذلك يستشهد على مصطفى مشرفة بأرسطوطاليس (القرن الرابع قبل ميلاد المسيح فى اليونان، ٣٨٤ق.م. - ٣٢٢ ق.م.) فى كتابه عن "السياسة". كان ذلك فى عصر نشرة القوة المقدونية. فاستعان فيليب بأرسطو، وفتح الاسكندر الأكبر الشرق، وراسل أرسطو، لكن الاسكندر الأكبر رحل فى اليونان عام ٣٢٣، ونزح أرسطو عام ٣٢٢، وهو عام رحيله. وأعاد تيوفراست أعماله إلى المدرسة التى أسسها أرسطو. لكن أعماله فقدت تدريجياً، وسجنت المخطوطات فى كهف حيث فسدت، ونحو ١٣٠ سنة بعد ذلك استعاد أنكونيكوس أعمال أرسطو، وظل الشك يخيم على مصير أعماله التى انتقلت إلى الغرب بواسطة العرب، وبواسطة الفلسفة المدرسية التقليدية كما مثلها دنس سكوت والقديس توما الإكويني. كان اسمه مقرون بصفة الفيلسوف. ونحو عامى ١٨٣٠ و ١٨٥٠ صدرت الطبقات العلمية الأولى من أعماله فى برلين فى ألمانيا، وهى الطبعة المرجعية فى الاستشهاد بمتن أرسطو بوجه عام.

وقد خص أرسطوطاليس " البوليطيقا" أو السياسة بمؤلف كامل من مؤلفاته المهمة مقسم إلى ثمانية كتب شرح فيها طرائق الحكم وأغراضه ووسائله ، وبين الأنواع المختلفة للحكومات وخصائصها ، وفاضل بين مزاياها ، ووازن بين عيوبها. فالسياسة التى يتكلم عنها أرسطوطاليس ، علم من أرفع العلوم ، وفن يسمو على جميع الفنون ، يقصد به ، الخير المطلق. وكان أرسطو قد ولد لأب طبيب، فقارن بين الطب والسياسة، كما استعمل المجازات الطبية فى تحليلات عدة.

وإلى جانب مؤلف أرسطوطاليس فى السياسة يذكر على مصطفى مشرفة أفلاطون تلميذ سقراط ، وكتابه الجمهورية أو الدولة. وكان أرسطوطاليس أشب من أفلاطون بنحو ٤٦ سنة، وذهب إلى أثينا ليتلمذ على أفلاطون، الذى رحل عام ٣٤٨ قبل ميلادى السيد المسيح. وتتقسم أعمال أرسطو قسمين : المحاورات الأدبية العامة -الموجهة للجمهور العام- التى تضاهى أعمال أفلاطون بعامة، وحوار "الجمهورية" بخاصة. وهى الأعمال المفقودة. وأعمال أرسطو الخاصة تتجه إلى دائرة محدودة من القراء. وهى أعمال تقنية طلبها إلى أرسطو أفلاطون والاسكندر الأفروديزي.

وفى حوار "الجمهورية" يناقش أفلاطون ، على لسان سقراط وأصحابه ، فكرة العدالة واتصالها بحياة الفرد وحياة المجتمع ، ثم يتطرق من ذلك إلى البحث فى نظم الحكم وأنواع الحكومات ، ويتكلم عن السياسة وعن

الغرض من السياسة ، وعما يشترط في رجال السياسة من صفات ، وما ينبغي أن تكون عليه حياتهم الخاصة، وحياتهم العامة. وفي الكتاب الثامن من حوار "الجمهورية" أشار أفلاطون إلى أن قانون الديمقراطية الأثينية القديمة الأساس هو الحرية وأن قانون الديمقراطية القديمة الأساس أيضاً هو انعدام الاتساق وامتناع الثبات . وكانت المساواة الحقيقية عند أفلاطون معادلة هندسية. "فالدول أو الجماعة السياسية ، إنما يقصد بها خير الجماعة في أعم درجاته ، ولذلك فإن الذين يتولون أمور الدولة ويحكمون المجتمع ، يجب أن يكونوا أعرف الناس بمعنى الخير ، وأقدرهم على إدراك القيم الروحية ، للحياة البشرية . وهؤلاء هم الحكماء أو العلماء . ويسمى سقراط هذه الدولة المثالية باسم الأرستقراطية أو حكومة العلماء. فالعلماء يمتازون بأنهم يطلبون الحقيقة ويحبون الحق ، ومن أحب الحق كان صادقاً متعلقاً بالفضيلة متحلياً بالمروءة والأخلاق الكريمة . ولذلك كانت الأرستقراطية أو حكومة العلماء خير الحكومات ، وأكملها جميعاً . ويحرم سقراط على الحكماء في الدولة المثالية اقتناء الثروة . فهم ينفقون الأرزاق التي تخصصها لهم الدولة في قضاء حاجاتهم المعيشية.. والمال في نظرهم يجب أن يكون وسيلة للعيش لا غاية . أما الغاية التي يعيشون من أجلها فهي خدمة المجتمع، يكرسون لها حياتهم." (١٠)

ويسجل مشرفة أن أفلاطون يحل الثراء في جمهوريته لغير الحكام. فالثراء في ذاته مباح لأربابه وإنما يحرم على رجال الحكم ورجال السياسة. فإذا فرغ سقراط من وصف دولته المثالية ، فإنه يتحدث عن أربعة أنواع أخرى من النظم السياسية ، وهذه كلها ناقصة في نظره ، وإن كانت تتفاوت فيما بينها ، فمنها حكومة العظماء ، وحكومة الأغنياء ، والديموقراطية أو حكومة الفقراء . ثم إن أسوأ الحكومات جميعاً وأظلمها هي حكومة الفرد.

فإن آراء أفلاطون وتعاليمه، حسب مشرفة، كانت لا تزال أساساً من أسس الدراسات السياسية ، وإن كانت معانيها قد تغيرت بتغير الأحداث التاريخية.

و أفلاطون مؤلف محاوره " الجمهورية" هو نفسه مؤسس مجمع العلوم ، فالعلم والسياسة متحدان في الأصل والمنبع. وكان كتاب "الجمهورية" عملاً من أعمال النضج. وكان كتاب "الجمهورية" عملاً من الأعمال التي شهدت على ابتعاد أفلاطون عن فلسفة سقراط، من دون أن يتخلى تماماً عن منهج سقراط. كانت نقطة بداية سقراط هي البحث والتعبير عن جهله هو. من هنا سمي منهجه بمنهج السخرية. وكان منهج السخرية لدى سقراط تساؤلاً وإخراجاً للنقد وللمتناقضات ما يعتقد بأنه يعرف، مع إنه يقتصر على الكلام. وسماه أيضاً باسم "منهج التوليد" (محاورة ثياتيتوس"، ١٤٩ أ - ب)، أو الدحض. كانت نقطة بداية سقراط هي البحث في العلاقة الإنسانية التي تفود إلى الحقيقة، وإلى التضامن في المعرفة. من هنا لم يكن بحث سقراط بحثاً منعزلاً،

إنما كان بحثه بحثاً بين الذوات وبحثاً عن الوحي بالمعرفة للآخر (كما في محاوراة "القيادس" لأفلاطون). من هنا أيضاً لم يكن بحث سقراط بحثاً تعليمياً افتراض السلطة وادعى الهيمنة. فقط الحوار أو التساؤل المعرفي هو نقطة البداية. من هنا الوعي وارتجاج الوعي (محاوراة القبيادس" الأولى، ١٠٥ب، لأفلاطون). وتشفى الفلسفة (محاوراة مينون، ٩٠أ لأفلاطون) النفس. ومهمة سقراط هي أن يعد النفس للبحث والمعرفة. وهناك البعد الذاتي، وهو القصديّة كما اصطّلحنا على تسميتها بعد ذلك فيما سمي باسم منهج الظواهريات/الفينومينولوجيا/الظاهراتية *PHANOMENOLOGIE* وهي دراسة الماهيات كدراسة ماهية الانفعال أو ماهية الإدراك أو ماهية الشعور، تمثيلاً لا حصراً، والماهية عند إدموند هوسرل هي ما يتبدى به الشيء نفسه للشعور في خبرة شعورية مباشرة. وليست الماهية كيانا خفياً في بطن الشيء، بل إن الماهية هي معنى الوقائع الفردية) أم هي تجربة من النوع الديني، بمعنى المحنة والامتحان؟ والبعد الموضوعي، وهو موقف المبحوث في الحوار. فكان لا بد من الخيال المبدع، والأسطورة، والقصة الجميلة، لتوصيل الرسالة الفلسفية. وقال رنيه ديكارت في القرن السابع عشر الميلادي : "أتقدم حاملاً قناعي". إن منح الطرف الآخر الثقة في نفسه هو أسلوب ضروري في الحوار. إن المبحوث، الذي هو ضحية، لا يبني على الفراغ، ولا يقيم شيئاً على العدم، إنما يضيف المعرفة والجهل معاً. وفي محاوراة "القيادس" (٨١ س) تبدو الفلسفة وكأنها تجرى في وعي الطرف الآخر. فالفكر إنما هو حوار النفس مع نفسها. سقراط يحب ضحيته، إن جاز التعبير. لذلك يريد أن يقودها إلى الحكمة.

و كان هناك بعدان في منهج سقراط : الطرف التاريخي أو البحث في علة الأشياء والكلمات؛ الثابت : التأسيس لفهم الكيفيات. تأثر سقراط بفلسفة انكساغورس الإيونية، ثم خاب سعيه بسبب تفسيره المادى للأشياء (محاوراة "فدرس"). وتأثر سقراط أيضاً بمنهج السفسطائيين الوهمي (محاوراة فدرس). من هنا بحث سقراط عن الانسجام في المدينة (*POLIS*) وعاد لا يبحث عن الانسجام في الطبيعة. من هنا بحث سقراط عن الفضيلة السياسية وعن ارتباط المعرفة والسلطة. بحث سقراط عن معنى العلاقات اليومية والإنسانية، وتخلّى عن البحث عن معنى الكون. جدد سقراط القيم الإنسانية، وبحث عن إزالة الوهم والأسطورة. وكان رجل الفلسفة العامة (الكلام)، وضابطاً من ضباط اللغة ومهندسها. ركز سقراط على المعرفة لا على الكلام. فموضوع الكلام يسبق فعل الكلام. وهو ما يختلف عن السفسطة وجمع الآراء المختلفة من دون دراية. من هنا أقام أفلاطون الفلسفة على المعرفة. وصنع سقراط من الكلام أداة تربوية لا أداة للخداع.

و شهد كتاب "الجمهورية" على انتقال أفلاطون من فلسفة الفضيلة الأخلاقية إلى فلسفة المعرفة والوجود لتأسيس الفضيلة على الكائن. كان أفلاطون يريد للعلماء-الفلاسفة أن يحكموا. وكان يقصد بهؤلاء، الباحثين عن الحقيقة، الباحثين عن الحقيقة في الأمور كلها، والعاشقين في الحقيقة في المقام الأول. إلا إنه لم يكن

ديمقراطيا بالمرة، وكان يسخر من العامة، وكان يتوقع انقلاب الديمقراطية إلى غوغائية، لأن التفاوت الطبيعي، ولا يقبل المداورة، ولا يقبل العدل التفاوت الطبيعي، ومن الخطأ أن نضع دماغاً قوياً على رأس المجتمع. لذلك لا بد من نسبته كلام أفلاطون في كتاب " الجمهورية" عن اتحاد العلم والسياسة في الأصل والمنبع. فقد كان أفلاطون مشغولاً بالممارسة العملية أكثر مما كان مهتماً بالبحث النظري، وكان هدفه الانضباط الاجتماعي والتربية، وكان يريد إعادة بناء المدينة على أسس بناها الفلاسفة من قبل، وإعادة بناء التضامن الذي اهتز في ذاته وفي تسلسله الشرعي نتيجة الفردية وتعاليم السفسطائيين. ففضيلة الشيء أو الكائن إنما هي خاصيته المميزة أو امتياز العمل الذي يقدر أن يقوم به الفاعل سواء أكان بالطبع أو في المؤسسة أو بهدف مسبق، والفضائل التي تحدد بغير الفكر وبغير المعرفة، هي، مع ذلك، نتاج الفكر. وتتهار الفضائل بسبب لا منطقيتها. لأن التأسيس فكري. فالعقل هو الشرط الأخير للأخلاق والقيم، هو فعل التحديد الفعال. أما الرغبة فهي غير محددة، وغير منتهية، وغير متعينة، وغير متشكلة، وتقدر أن تزيد، وأن تقل، وأن تتكف، وأن تبرد أو تسخن أو تتصلب. وقد صنف أفلاطون وأبيقورس الرغبات تصنيفاً ثلاثياً : ١- الرغبات الطبيعية والواجبة؛ ٢- الرغبات الطبيعية والغير الواجبة؛ ٣- الرغبات الغير الطبيعية والغير الواجبة. وأما العقل فمحدد، ومحدود، ومتناه، ومتعين، وحر، ويصنع شكلاً حراً بوصفه نشاطاً متناسباً، قياسياً، ومنظماً. وهو يحدد الغاية والهدف. وهو لذلك يؤدي الدور الوسط أو دور الحد الأوسط في القياس بين الحدين الأولين، وهو ليس إلا مولوداً أو نتاجاً لحدين اثنين. وأما الحد الرابع فهو العقل بوصفه علة حاكمة للعالم، وهو ينتج الحدود الثلاثة السابقة جميعاً. إذن يتناهى المطلق ولا يتناهى في آن معاً.

و مع أن أثينا كانت مهد الديمقراطية، لم يؤمن أفلاطون بالديمقراطية، لأنه يرى فيها نظاماً سياسياً سينقلب بالضرورة إلى نظام سياسي غوغائي. وتعني لفظة الديمقراطية من جهة اشتقاقها اللغوي إقامة سلطان الشعب. وهناك من تصور الديمقراطية بطريقة مختلفة أمثال كليستان وإفيالتييس وأبرقلس من منظور العدل، ودرافون وصولون. الديمقراطية امتداد للمواطنة لكل إنسان حر. إنها المساواة في شرط المواطنة لكل بغض النظر عن الأصول الاجتماعية. ومع إن أثينا كانت مهد الديمقراطية، فقد كان هناك نحو ٣٥٠ ألف مواطن فضلاً عن الأطفال والنساء، بلا حقوق مدنية، وكان ١٠ في المائة من السكان يتخذون القرارات للمجتمع ككل. ومع إن أثينا كانت مهد الديمقراطية، كانت أثينا تمتاز بعدم طرح السلطة للتداول بين المواطنين. نحو آخر القرن، انهزمت أثينا وحوكم سقراط ورحل، وعادت الحروب، وخاب سعي المواطنين وفشل. تأزمت أثينا. وانهار الرخاء. وتزلزلت المدينة. ارتفع عدد السكان الحقيقي بينما انخفض عدد النخبة. وضاع الانضباط السياسي نتيجة الصراعات السياسية. وصار الصراع على السلطة جوهر السياسة. وانهارت مشاركة المواطنين في حياة المدينة، بل كانت العلامة الدالة على انهيار السياسة نفسها آنذاك. تنامت الديماغوجية وساد الخداع

السياسي، وانهارت الديمقراطية، وقام الطغيان، وسادت الفردية (أنظر سلوك كاليكلاس في محاوره أفلاطون عن "جورجياس")، وانهارت العادات والتقاليد والشرائع والقوانين والنواميس والقيم الأخلاقية والمعنوية للمدينة والدولة والمجتمع السياسي. من هنا تنامت فلسفة الطبيعة القبل السقراطية عند برمنيدس، وهيراقلطس، تمثيلاً لا حصراً.

و مؤلف كتاب " الجمهورية" ومؤسس مجمع العلوم، ومؤسس نظرية اتحاد العلم والسياسة في الأصل والمنبع، شخص هذه الحال وهذا الوضع. والصورة التي رسمها أفلاطون للإنسان الديمقراطي صاحب الأذواق المتغيرة هي الصورة التي تجسمها شخصية "آسبياد" (كما أورد بلوتارخوس ويوريبيديس).

فهم أفلاطون وأدرك أن الدول القائمة في عصره فاشلة، لأن الشرع بلا إعدادات فعالة وبلا ظروف متوافقة. لذلك لجأ إلى الفلسفة لإقامة العدل في الحياة العامة والخاصة، ولن تنتهي الشرور من الحياة قبل حكم الفلاسفة والأنقياء والأنقياء والأصلاء، أو لن تنتهي الشرور من الحياة قبل تفلسف الحكام. (الرسالة السابعة لأفلاطون، القبيادس الأول، E/123A122، أرسطو، السياسة، E7، حول ملامح الأوليغارشية، أنظر ، اكسينوفون، "الذكريات"، ٣، ٩، ٢، وأفلاطون، رجل الدولة، C/299298، والجمهورية، ٦، ٤٨٨ : مثال قائد السفينة والبحارة الذين يريدون أن يحكموا. كان دستور لقورجوس يمنع استقطاع بعض الأراضي الأصلية. وأكد أرسطو أن إسبارطياً قد يقدر أن يمنح أو أن يورث ممتلكاته، لكنه لم يكن جميلاً، أن نبيع الممتلكات.

تحمل الجموع السائدة أجمل الأسماء، وهو اسم *ISONOMIE* أى المساواة أمام القانون (كما أورد هيرودوت ويوريبيديس). الملكية هي الحرية، وهي في النظام الديمقراطي، أجمل الملكيات. لذلك فالنظام الديمقراطي هو النظام السياسي الوحيد الذي يقدر أن يعيش فيه الإنسان الحر بطبعه، كما أورد توسيديد وأفلاطون ويوريبيديس، واكسينوفون، واسخيلوس). إن التشبه بالآلهة قدر المستطاع وهذا هو هدف الإنسان الفاضل (كما أورد أفلاطون، محلورة ثياتيتوس، ١٧٦ب-١٧٧أ، النواميس، ٧١٦ب-د، الجمهورية، ٢، ٣٨٣س، ٦، ٥٠٠س-د، ٦، ٥٠١ب-س). وأما الحرية فهي أساس النظام الديمقراطي (كما أورد أرسطو في كتابه عن "السياسة"). بعبارة أخرى، تقوم الديمقراطية على النظام التالي : شهوة المال، العقل، والشجاعة. وأما الطغيان بوجه عام فهي أيضاً شهوة المال، العقل، الشجاعة. والفرق في الدرجة بين الديمقراطية والطغيان هو أن النفس الديمقراطية محددة وغير محددة، وأما الطاغى فمحدد، وغير محدد، وديمقراطي، ومنظم.

في الدول الأوليغارشية وبعيداً عن القادة يتسول الشعب مثلما تسول شعب أثينا، قبل تشريع صولون (كما أورد أرسطو في كتابه عن " دستور أثينا"، ١٢، ٤). إن النظام الطبيعي أو الأرستقراطي يقوم على توافق

العقل، والشجاعة، والرغبة. وهو يقوم على أولية القلب ثم العقل ثم الرغبة. فهو يقوم على أولية دور المحارب، والشجاعة، والشرف، من دون علم ولا دراية، إنما بالطموح وحده. أما النظام الغير الطبيعي أو النظام *TIMARCHIE*، فهو يقوم على إبطال مفعول العقل، وعلى الحرب من أجل الحرب وحدها من دون هدف ومن دون تحديد. أما النظام الغير الطبيعي أو النظام *TIMARCHIE*، فهو يقوم على النظم العسكرية البعد اليونانية التي سادت العصور الوسطى (القرن الثاني عشر الميلادي-القرن الرابع عشر الميلادي) في الغرب. وكان الإسبارطيون لا يهتمون بالفلسفة، كما لم يعبثوا بالموسيقى، إنما ولوا كل عنايتهم لتنمية الجسد من طريق الرياضة. أما النظام الغير الطبيعي أو النظام الأوليغارشي *OLIGARCHIE*، فهو يقوم على الترتيب التالي : البحث عن الربح، حساب الربح، الشجاعة. والبحث عن الربح متناهي، ومحدد، بمعنى إنه موضوع محدد.

و يقوم النظام الأخير على التعيين، والتحديد، وتحديد موضوع الانفعالات والرغبات يؤدي إلى الانحراف عن القانون وانتقاد الفضيلة والواجب المدني، ثم الانهيار المعنوي. أما النظام الغير الطبيعي أو النظام الأوليغارشي *OLIGARCHIE*، فهو يقوم على إلغاء التربية، وعلى الانفعال، وعلى شهوة الثروات وحب الأموال. ففن *CHREMATA* هو فن صناعة المال، أو هو مجموع إجراءات صناعة المال. والانفعال مصدر الفوضى الاجتماعية. أما النظام الغير الطبيعي أو النظام الأوليغارشي *OLIGARCHIE*، فهو يقوم على الضريبة الإقطاعية، وعلى الانقسام إلى قسمين، قسم الأثرياء، وطبقة الفقراء، والتقسيم الاجتماعي بوجه عام.

إن اجتماع العلم والسياسة يتشكل في صورة إشكالية. في العصر الحديث العلمي" من أهم مميزاته استخدام الآلات والمحركات الآلية ، ويمكن قياس حضارة الأمم اليوم ، بقدرة محرركاتها . لذلك كان استنباط منابع جديدة للقدرة ، من أهم ما تتسابق فيه الأمم اليوم . فاكتشاف آبار البترول ، في بلد من البلاد، حدث له نتائج سياسية ، لذلك كان من الواجب على رجال السياسة أن يعنوا بهذه المسألة وأن يتصلوا برجال العلم ليكونوا على بينة من أمرهم . ولما كان البترول المدخر في العالم كله لا يكفي ، بمعدل الاستهلاك الحالي ، لأكثر من ٧٠ سنة ، كان من المهم استنباط موارد أخرى للقدرة .

والقدرة المائية الناشئة عن حركات المياه في الأنهار وهبوطها من الشلالات والمنحدرات هي موضع تفكير رجال السياسة ورجال العلم في الأمم اليوم . وقد حسب أن مقدار القدرة الممكن استخدامها من المياه المتحركة ، في قارة أفريقيا ، هو ١٩٠ مليون حصان ميكانيكي ، أو ما يعادل استهلاك ١٠ مليون طن من الفحم في اليوم ، تضيق كلها هباء منثورا . ومن مصادر القدرة التي تضيق دون جدوى ، حرارة الشمس ، فقد قدر أن ما يقع منها على الجزء المسكون من الأراضي المصرية ، وقدره نحو ٩٠٠٠ ميل مربع ، يكفي

لإدارة جميع المحركات الآلية في العالم سواء منها ما يدار بالفحم أو بالبترول أو بمساقط المياه . وليست هذه القوى على عظمتها إلا جزءا يسيرا مما يستطيع العلم أن يضعه في يد البشر من القدرة الميكانيكية . فقد دلت الأبحاث العلمية على أن المادة تتحول إلى طاقة ، فالجرام الواحد من المادة يحتوى على ما يعادل ٢٥ مليون كيلو واط - ساعة ثمنها اليوم في القاهرة أكثر من نصف مليون جنيه." (١١)

٥-٥- تاريخ العلوم والأمم العربية

من قائل إن مرد أزمة الأمم العربية إلى الدين الإسلامي. ومن قائل إن مرجع تأخرنا إلى مناخ جونا وطبيعة إقليمنا. إن أول واجب على مفكرينا ، وقادة الرأي فينا ، أن يوجهوا الرأي العام في البلاد العربية صوب الفكرة العلمية . يجب أن نفكر بالعقلية العلمية. فرشدى راشد لا يبحث في الدين إنما يبحث في العلم بغض النظر عن معطيات الدين. فإذا كان العلم ينبئنا بتطور الحياة على سطح الأرض ، ويحدد لنا المقاييس الزمنية ، فإنه لا يتعرض لمنشأ الحياة نفسها ، ولا يحدد وقت ظهورها تحديدا قاطعا نهائيا. فالعلم إذن يقرر أن الحياة ظاهرة لا يقدر الإنسان إيجادها. والواقع أن موقف العلم من خلق الحياة هو عين موقفه إزاء خلق المادة ، فهو يكتفى في الحالين-خلق الحياة، خلق المادة- بوضع قانون عام ينص على عدم حدوث الخلق. ففي حالة المادة يعرف القانون باسم قانون بقاء المادة. وينص قانون بقاء المادة على أن المادة لا تخلق ولا تفنى ، والمقصود من ذلك هو عجز الإنسان عن خلقها أو إفنائها. ومع أن قانون بقاء المادة قد دخل عليه تعديل في العصر الحديث، إلا انه لا يزال صحيحا في جوهره ، وينحصر التعديل في اعتبار المادة والطاقة مظهرين لشيء واحد بحيث يمكن تحويل المادة إلى طاقة أو الطاقة إلى مادة مع بقاء مجموعها ثابتا لا يخلق ولا يفنى. وإذا كان خلق المادة والطاقة وإفناؤهما خارجا عن طاقة البشر فإن خلق الحياة خارج عن طاقتهم. هناك اتجاه عام نحو الرقى والارتفاع بالحياة من مستواها البدائي إلى مستويات أرفع. ولكن بعض العلماء قد أرادوا أن يستنتجوا من هذه الحقائق ، نتائج واسعة المغزى غير مؤسسة ، فمن ذلك أنهم رأوا في تطور الحياة وأنواعها أداة آلية لخلق الحياة نفسها. وظنوا أن فهمنا لهذا التطور يفسر لنا معنى الحياة. ففهم الأطوار التي مرت بالحياة أمر علمي يقبل البحث وتفسير الحياة وخلقها أمر فلسفي-ديني. والعالم يعجز تمام العجز عن أن يفهم السر الذي يدفع بهذه المخلوقات في تيار هذا التطور العجيب.

لاشك في أن الإدراك والعقل غير خاضعين لأى تفسير آلى أو تطوري. فمخ الإنسان قد يكون أداة للفكر البشرى والخلايا التي تتألف منها قشرة المخ والتي يبلغ عددها نحو ١٤ ألف مليون خلية قد تكون جهازا مرتبطا أوثق الارتباط بعملية التفكير. وسمو العقل البشرى على عقول القردة قد يكون متصلا بكثرة عدد هذه الخلايا ودقة تركيبها ، ومع ذلك فالعقل البشرى أمر علمي يقبل البحث العلمى والمخ الذى تحتويه الجمجمة

أمر فلسفي-دينى آخر ، كما أن التفكير أمر فلسفى والتفاعلات الكيميائية الفسيولوجية فى خلايا المخ أمر علمى آخر. وينطوى هذا الاختلاف وذاك الفرق على الجدل الدائر دوما بين المادية والمثالية. ، فراح بعض العلماء يفسرون العقل والنفس والروح تفسيرا آليا ، وقد كان لهم فى ذلك بعض العذر لأن العلوم الطبيعية والكيميائية فى ذلك الوقت كانت تقول ببقاء المادة وعدم فناؤها وكانت تصور العالم المادى على أنه آلة تخضع لقوانين ثابتة. وقد تغير الحال تغيرا تاما فى العلوم الطبيعية والكيميائية عما كانت عليه فى القرن التاسع عشر الميلادى فالمادة قد فقدت ماديتها إذ ثبت أن أجزاءها ذوات خاصية موجية شأنها فى ذلك شأن الضوء . فالجواهر الصغيرة التى تتألف منها المادة ليست بالشىء الذى يملأ الحيز الذى يشغله بل هى أشبه شئ بحركة الأمواج على سطح البحار فهى عرض وليست بجوهر. كذلك الزمان والمكان قد فقدوا وجودهما الخارجى فى النظرية النسبية التى صار مسلما بها فى نظر علماء الطبيعة جميعا. فلا المادة هى ذلك الشىء الدائم ولا الزمان والمكان كما كان يظن أساس للحقيقة الموضوعية. ومن الآراء الحديثة المهمة فى هذا السياق، ما قال به الأسقف جورج بركللى الإنجليزى من أن حقيقة الكون نفسية لا موضوعية. فوجود الكون إنما يقوم بالنفس، ولا معنى له بدونها. وعلى هذا رأى يكون وجود النفس ، شرطا لازما لوجود العالم ، ولا يكون هناك معنى لوجود العالم ، ما لم توجد النفس المدركة. إن العلم يعنى بالحقائق أما القيم فمن شأن الفلاسفة. ومع ذلك فأى إنسان منا يرضى عقله بالحقائق المجردة من دون أن يعنى بقيمها ، وأى إنسان يرضى بأن يبنى قيم الأشياء على الأوهام من دون الحقائق.

و من هنا كانت بحوث رشدى راشد فى التأريخ للعلوم العربية بوجه عام، على نقد المخطوطات القديمة من دون مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام. ورشدى راشد نفسه، مع إنه يرفض بوضوح وضع مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام، فقد بحث فى شروط إمكان تطبيق الرياضيات فى ميدان العلوم التى تدرس الوجود الاجتماعى بوجه عام، كما درس شروط إمكان الاستعانة بالتأريخ التطبيقى للعلوم فى تحديث المجتمع العربى. كان أساس بحث رشدى راشد فى تأريخ الرياضيات العربية هو البحث فى تربيض العلوم الاجتماعية أو ما سمي باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية.

من جهة أخرى، يعنى رشدى راشد "بالتأريخ التطبيقى للعلوم" كليات الاستفادة من تأريخ العلوم للإسهام فى التحديث العلمى فى مصر والوطن العربى وبلدان ما سمي بالعالم العربى. وذلك من طريق إنشاء المدينة العلمية، وإعادة النظر فى تصور الترجمة العلمية وسياستها على أساس من ربط الترجمة بالإبداع العلمى وربط العلم باللغة.

والأمم العربية أمم لها ماض كريم ، تضمها أو أصر الإخاء، لكن رشدى راشد لا يتخذ من تراثنا المشترك أساسا نبني عليه صرح تقدمنا إنما يتخذ المعاصرة المشتركة أساسا نبني عليه صرح تقدمنا. فإحياء التراث يقتضى فك الحصار المذهبي والأدبي. ولا يعنى تاريخ رشدى راشد اتخاذ موقف تجريبي يعزل الواقعة العلمية بل ولا يعنى تاريخ رشدى راشد قصر العلاقة بين الوقائع فى حدود علاقة التتابع التاريخى ولكنه يستند على نظرية حاولنا فى هذا الكتاب أن نقدم لصياغتها من دون بتر. رأى رشدى راشد أهمية النشر العلمى للتراث كشرط ضرورى لأى صياغة نظرية. فإحياء التراث إذا ليس هو بعثاً لموتى ولا إظهاراً لما اختفى إلى الأبد ولكنه تحقيق للنصوص والمخطوطات التى أسهمت كما أسهم أصحابها فى صياغة المعاصرة نفسها. لا يمجّد رشدى راشد، إذن، علماء العرب إنما هو يضعهم فى سياق العلم العالمى المعاصر.

٥-٦- تاريخ العلوم والشباب

إن الشباب فى مصر اليوم متعطش إلى العلم يتسابق لكى ينهل من مناهله. وقد برهن الشباب بذلك على صدق إلهامه وإرهاف حسه إذ ما من شك فى أن مصر هى أحوج ما تكون إلى العلم :

"إذا رجعنا إلى تاريخ إنشاء الجامعات فى أوربا وجدناها تتصل اتصالاً وثيقاً بمعنى الرياضة الروحية ، ووجدنا القائمين على الجامعات رجالاً قد عرفوا بالفضل وتمسكوا بالفضيلة ، فاكسبوا احترام الملوك والأمراء وحازوا عطفهم ورعايتهم ولا عجب فى ذلك فالجامعات الأوروبية وليدة الأثر الظاهر للشريعة العربية. وقد كان ملوك العرب وأمرؤهم حماة للعلم ، يقربون إليهم رجاله ويصطفونهم ويكرمونه ، وكان رجال العلم حماة للفضيلة ، دعاة للخير ، وقد نشأت الأسرة الجامعية فى أوربا على نمط لا يختلف كثيراً عما نعرفه بيننا فى الأزهر الشريف ، فالأساتذة طبقات أو درجات منها الكبير ومنها الصغير ، والعبرة فى ذلك بالعلم والفضل، يحترم صغيرها كبيرها، ويعطف كبيرها على صغيرها ، ويرشده ويقوم اعوجاجه ويتميز الكبار على الصغار بملابس خاصة ، فالدكاترة أو كبار العلماء فى الجامعات الأوروبية يرتدون أردية حمراء اللون تشبه أردية الأساقفة ويغشون مجالس خاصة لا يغشاها غيرهم ، وفى جامعتى أو اكسفورد وكمبردج بإنجلترا يحل لمن يحمل درجة الماجستير أن تطأ قدمه مروج الجامعة ويحرم هذا على غيره ، والوصول إلى هذه المراتب العالية ، مراتب الفضل والعلم ، إنما يكون عن طريق التبحر فى العلوم ، والتخلق بمحاسن الأخلاق."^(١٢) والدراسات العلمية فى عصر الحسن ابن الهيثم، تمثيلاً لا حصراً، " كانت لا ترتبط بحياة الأمة ومراقفها، ولم يكن العلم قد وصل إلى ما وصل إليه اليوم من الأهمية الاجتماعية. فالصناعة مثلاً كانت لا تزال تقوم على الحرف التى يمارسها الأفراد ، والثورة الصناعية لم تكن قد أحدثت ما أحدثته فى القرن الثامن عشر وما بعده من انقلاب فى حياة الأمم والأفراد ، والبخار لم يكن قد استخدم ولا الكهرباء . وبالجملّة فإن

ابن الهيم كان يستطيع أن يعيش في معزل عن المجتمع ناعما يتأمله في علم المناظر ، وفي فلسفة أرسطو وحكمة جالينوس . ومع ذلك فإننا نشعر جميعا بأن المثل الذي ضربه ابن الهيثم ينطوي على معنى من معاني العظمة." (١٣)

٥-٧- تاريخ العلوم والأخلاق

إن النظرة العلمية إلى الأمور نظرة بعيدة عن الغرض ، وهذه النظرة هي وحدها التي تصلح لمعالجة المشكلات العامة ، وحل المسائل القومية ، سواء أكان ذلك في ميدان الاجتماع ، أو ميدان السياسة ، أو ميدان الشؤون الاقتصادية والمالية ، وكثير من المشاريع والأعمال في مصر يخفق أو يطوى بسبب الأنانية وتغلب النزعة الشخصية على النظرة الموضوعية.

"ومن أوجب الواجبات على الدولة أن تترك العلماء أحرارا في حكمهم على الأمور وأن تشعرهم باستقلالهم لأنهم قادة الفكر كما أن على العلماء أن يتمسكوا بهذا الاستقلال . فاستقلال العلم والعلماء شرط لا بد منه لحياة العلم والفضيلة على حد سواء . وإذا ضاع استقلال العلم ضاع العلم الفضيلة بل ضاعت الأمة . وقد بقيت أوروبا ألف عام في ظلمات العصور الوسطى لأن أمورها كانت في أيدي قوم لا يؤمنون بالحق ولا يؤمنون باستقلال العلم فاضطهدوا العلماء وحاربوا العلماء وحاربوا حرية الفكر ، وانغمسوا في الجهالة محتمين وراء الجدل اللفظي الأجوف فعم الظلم." (١٤)

فالعلم قد قارب بين الأمم ومحا المسافات حتى صرنا نعيش مع بقية سكان المعمورة كأننا مجتمع واحد.

٥-٨- تاريخ العلم والحياة

إن البحث في العلم والحياة يمكن تقسيمه إلى ثلاثة أقسام أساسية :

١- الكون ؛

٢- وقائع الحياة نفسها ؛

٣- قيم الحياة.

وما الأرض إلا كوكب من كواكب المجموعة الشمسية ، بينه وبين الشمس نحو ١٥٠ مليون كيلو متر ، بحيث لا يصل إلينا شعاع الشمس إلا بعد ٨ دقائق وربع من انبعائه عنها ، مع أنه متحرك بسرعة ٣٠٠٠٠٠

كيلو متر فى الثانية الواحدة . وما الشمس إلا واحدة من ١٠٠٠٠٠٠ مليون شمس ، بين كل شمس وجارتها . مسير بضع سنين بسرعة الضوء. ويتألف من هذه الشمس عالم ، هو الذى يظهر لنا ليلا كسحابة عظمى من النور تخترق وجه السماء ، ونسميه نهر المجرة . وهذا العالم بدوره ، واحد من ١٠٠٠٠٠٠ مليون عالم ، يبلغ قطر كل منها ، مئات الألوف من السنين الضوئية. ذلك هو مسرح الحياة المرئية-المادية. ذلك هو الكون واتساع أرجائه. وقد يعلق البعض على هذا الكلام ويرتنى فى عظم الكون ما قد يجعله يستصغر شأن الأرض ويستحقر أمر الإنسان ، ويقول : إن الأرض أصغر من أن تذكر بجانب العوالم الأخرى. والإنسان أحقر من أن تعرف حياته ، وأخبار الحروب تافهة وحقيرة وأكثر من ذلك أن السعادة والشقاء ، ومتاع الدنيا وآلامها ، والجمال والقبح لا تقع من النفس فى قليل ولا كثير ، ولا يزيد فى السمع على طنين ذبابة.

كانت بعض المذاهب عند الإغريق ، تفرق بين عالمين : العالم الأكبر ، والعالم الأصغر. فالعالم الأكبر هو الكون بفضائه وسماواته والعالم الأصغر هو الإنسان ، وهذان العالمان ليسا شيئين مختلفين ، إنما هما صورتان لشيء واحد ، وقد اتصلت هذه المذاهب عند العرب بالفلسفة الصوفية. ومدار المسلمات، كما فهمها رشدى راشد، للمرة الأولى فى تاريخ الثقافة العربية المعاصرة، هو اللامعقول فى دراسة تاريخ الرياضيات وفلسفتها.

(١) رشدى راشد، البحث العلمى والتحديث فى مصر، مثال على مصطفى مشرفة (١٨٩٨-١٩٥٠)، دراسة نموذج مثالي، بين الإصلاح الاجتماعى والحركة الوطنية، الهوية والتحديث فى مصر (١٨٨٢-١٩٦٢)، إشراف أ.روسيون، *cedej*، القاهرة، ١٩٩٥ . الترجمة العربية : ص ٢١٩-٢٣٢ . د. على مصطفى مشرفة، "نحن والعلم"، مكتبة الجيل الجديد، سلسلة العلوم المبسطة، جماعة النشر العلمى، مارس، ١٩٤٥، ص ١٢ . أنظر فى هذا الشأن :

Graham Jones, The role of science and technology in Developing countries, Oxford University Press, 1971.

غراهام جونز، "دور العلم والتكنولوجيا فى البلدان النامية"، ترجمة هشام دياب، منشورات وزارة الثقافة والإرشاد القومى، دمشق-سوريا، ١٩٧٥؛ *R. J. Forbes and E. J. Dijksterhuis, History of science and technology*.

ر . ج. فوربس وأ. ج. ديكنترهوز، ترجمة أسامة أمين الخولى، مراجعة محمد مرسى أحمد، تاريخ العلم والتكنولوجيا، الجزء الأول، القرنان الثامن عشر والتاسع عشر، ط٢، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩١ .

(٢) د. على مصطفى مشرفة، نحن والعلم، مكتبة الجيل الجديد، جماعة النشر العلمى، مارس ١٩٤٥، ص٢٣-٢٤ .

(٣) المرجع السابق، ص٢٦ .

(٤) المرجع السابق، ص ٣٠ .

(٥) المرجع السابق، ص ٣٤-٣٥ .

(٦) المرجع السابق

(٧) المرجع السابق، ص ٥٨-٦٣ .

(٨) المرجع السابق، ص٦٩-٧١ .

(٩) د. على مصطفى مشرفة، "العلم والحياة"، القاهرة، إقرأ، دار المعارف، ١٩٤٥، ص٧ .

(١٠) المرجع السابق، ص٩- ١٠ .

(١١) المرجع السابق، ص ١٣-١٤ .

(١٢) المرجع السابق، ص ٤٣-٤٤ .

(١٣) المرجع السابق، ص ٤٦-٤٧ .

(١٤) المرجع السابق، ص ٥٥- ٥٦ .

الخاتمة

**الدلالة التاريخية والمعنى العلمى
لعمل رشدى راشد**
تاريخ العلوم ليس سلسلة من المعجزات

" إذا تأملنا حركة الترجمة العلمية، من فلكية ورياضية على الأخص، فسنرى أن هذه الترجمة نفسها ارتبطت بالبحث العلمي وبالإبداع. فلم يكن القصد من الترجمة إنشاء مكتبة علمية، الهدف منها إثراء خزائن الخلفاء والأمراء، بل لتلبية حاجات البحث العلمي نفسه. وإذا لم نفهم هذه الظاهرة فهما دقيقا؛ فلن نفهم شيئا من حركة الترجمة العلمية، كما هو الحال مع بعض المستشرقين المعاصرين. ويكفى أن نذكر بأن المترجمين أنفسهم كانوا من قادة الحركة العلمية، بل إن بعضهم من العلماء الخالدين على مر العصور، فمن بينهم : الحجاج، وثابت بن قرّة، وقسطا بن لوقا. هذه واحدة. والأخرى أن اختيار الكتب - وكذلك توقيت هذا الاختيار- كانا في الغالب وثيقى الصلة بما يعرض للبحث "

رشدی راشد

لا تهدف هذه الخاتمة إلى تقنين منهج. فقد انبثقت حضارة جديدة ومجتمع جديد نتيجة حوار الحضارات الكبرى التي كانت تسود تلك المنطقة في ذلك الوقت ولا سيما الحضارتين اليونانية والفارسية. تلك كانت الحضارة في اللغة العربية. منذ ذلك الحين صارت الإسكندرية وإنطاكية وجنديسابور المنارات الثلاث لتقافة الفترة المتأخرة من العصر القديم. وصارت تنتمي إلى عالم واحد وتتطق بلسان واحد هو اللغة العربية. كان الهدف هو ترجمة الحضارتين اليونانية والفارسية وبالتالي تحويل اللغة العربية إلى لغة العلم، من أجل دراسة منجزات هاتين الحضارتين، اليونانية والفارسية.

وبعد ذلك بثلاثة قرون، تقريباً، تقدم إنجاز هذه المهمة تقدماً فعلياً في أفق عمل علماء اللغة والنحو بصفة خاصة، حيث شهدنا تفتح وانطلاق حركة من أكثر الحركات العلمية حيوية في التاريخ. مثل القرن الرابع الهجري، مرحلة أساسية في تاريخ الرياضيات وفلسفتها. وشهدت هذه المرحلة نشأة مجموعة من العلماء المبدعين. وظل هذا المجهود، الذي بدأ بعد الهجرة بثلاثة قرون، مستمرا دون انقطاع لعدة قرون تالية. ولئن كان هذا النشاط قد بدأ يخفت نوعاً ما ابتداء من القرن السادس الهجري مع تكاثر الشارحين على حساب المبدعين ومع اندثار العمل النقدي لقاء النظام المدرسي، فقد ظل المجتمع الإسلامي، مع ذلك، المركز الرئيس للإبداع والإنتاج العلميين حتى القرن التاسع الهجري، أي حتى القرن الخامس عشر الميلادي.

ولم يدع رشدي راشد أنه حدد الأسباب الاجتماعية لميلاد هذه الحركة العلمية ولا ادعى دراسة أسباب اتساعها وانتشارها، ولا زعم دراسة المجتمع الإسلامي ونظمه الاقتصادية ومؤسساته السياسية.

قدم رشدي راشد وصفاً للدفع التي أعطاها المجتمع الإسلامي لازدهار العلوم الرياضية. وبين رشدي راشد كيفية قيام تقاليد علمية جديدة في الجبر والحساب والهندسة والمناظر وعلم الفلك. وبين رشدي راشد كيفية قيام معايير جديدة للمعرفة. وبين رشدي راشد كيفية قيام معايير التجريب العلمي وكيفية صياغتها، في ذلك الوقت، وذلك المكان.

رسم رشدي راشد، كما بينا في الباب الأول، خطه للبحث. تتوافر فيه عناصر الطريقة الحديثة وتتوافر فيه شرائطه. بحث رشدي راشد، إذن، في حقل العلوم وفلسفتها في الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر الميلادي. وقد أدت هذه البحوث والدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول الرياضيات العربية كما صاغها المثقفون العرب والغربيون على حد سواء. من بين القضايا التي توصل رشدي راشد إليها، هو الكشف عن حقول علمية جديدة تمام الجدة وخاصة في المجالات المجهولة من الرياضيات العربية. في الباب الثاني، عرضنا إذن لتاريخ رشدي راشد للرياضيات العربية : الجبر، الحساب، الهندسة، المناظر، علم الفلك.

فبعد أن أسس الخوارزمي في بداية القرن التاسع الميلادي، ولأول مرة في التاريخ، للجبر كفرع علمي مستقل بنفسه وسماه " حساب الجبر والمقابلة ". وبعد أن تبعه في ذلك آخرون، ولا سيما أبو كامل، ذهب علم الجبر، بدءاً من القرن العاشر الميلادي، مذهبين رياضيين متميزين :

كان المذهب الأول هو علم الحساب. كان الرياضيون والمصنفون في اللغة العربية يعتبرونه " فناً علمياً ". وكان هذا العلم ينطوي على كل من نظرية الأعداد وفن الحساب – أو اللوجستيكا – اللذين كانا يرتبطان ارتباطاً وثيقاً، وقد تولى الرياضيون العرب أنفسهم تطوير هذا العلم. كان من أسباب تطوره، ترجمة " المسائل العددية " لديوفنطس على يد قسطنطين لوقا. ومن أجل تجديد هذا العلم فيما بعد، استعان الكرجي ومن خلفوه بتقديم الجبر ومعرفتهم به منذ أن أسسه الخوارزمي. أما المذهب الثاني فارتبط بأعمال عدد من علماء الهندسة ولا سيما من درسوا عمليات تعيين قيمة الكميات المتناهية الصغر ومن سعى إلى تطوير الجبر من خلال الهندسة. وقد اتجه أبو الجود بن محمد بن الليث وعمر الخيام وشرف الدين الطوسي في اتجاه دراسة المنحنيات دراسة جبرية وبذلك أرسوا أسس الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية.

كانت مهمة الجبريين، أو على الأقل، مهمة أتباع المذهب الأول، هي تطبيق الحساب على الجبر الذي سبق أن أسسه الخوارزمي وطوره من جاءوا بعده من أمثال أبي كامل (٨٥٠ هـ - ٩٣٠ م). كانوا يسعون عمداً، على حد ما عبر السموأل المغربي في القرن الثاني عشر الميلادي، إلى " التصرف في المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب في المعلومات ".

وبهذا دل الجبر على المدلول الذي لازمته منذ ذلك الحين : وهو العمل، من جهة، على تطبيق عمليات الحساب الأولية على التعابير الجبرية – وهي المجهولات الجبرية – بصورة منظمة، ومن جانب آخر، تناول التعابير الجبرية بغض النظر عما قد ترمز إليه حتى يمكن تطبيق هذه العمليات العامة عليها مثلما تطبق على الأعداد.

إن تحقيق هذا المشروع، الذى بدأ يظهر بوضوح فى مؤلفات الكرجى (المتوفى فى بداية القرن الحادى عشر الميلادى) وواصله واستوفاه الخلفاء، أدى إلى توسيع نطاق الحساب الجبرى المجرد وتنظيم البحث الجبرى حول التطبيق المتوالى لمختلف العمليات الحسابية. لذلك حقق رشدى راشد " كتاب الباهر " للسموأل، وترجمه إلى اللغة الفرنسية وشرحه شرحا رياضيا وتاريخياً وفلسفياً، من بعد تحقيق فرانس وبيكه لكتاب "الفخري" فى الجبر والمقابلة للكرجى، ومن بعد ما ترجمه إلى اللغة الفرنسية وشرحه شرحا رياضيا وتاريخيا وفلسفياً. فلقد كانت النتيجة الرئيسية لهذين المؤلفين الجبريين -"الفخري" للكرجى و"الباهر" للسموأل- صياغة معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. ولكن هذه النتيجة وغيرها مما استخلصها الجبريون، من هذه المدرسة، كثيرا ما نسبت إلى رياضيين متأخرين مثل شوكيه وستيفل. على أن النتائج التى أنتجها الكرجى والسموأل قد عبرت تعبيرا فعليا عن تغير فى الأسلوب الفعلى لمقاربة الجبر.

فقد بدأ الكرجى بدراسة شتى " أسس المجهول ". وبعد أن عرض بصورة لفظية، أى من دون استخدام الرموز، قاعدة جمع الأسس ، حاول أن يعمم فكرة الأس الجبرى لمقدار ما، وهو الأس المعرف بالاستقراء الرياضى، على مقلوبة وقد وضع خلفاؤه وتمموا هذا التعميم واستطاعوا فى نهاية الأمر وبفضل تحديد الأس الصفرى :

س. ٠ = ١ بشرط أن تكون س مختلفة عن صفر،

أن يصوغوا القاعدة الخاصة بالأسس الصحيحة الموجبة.

ولم يسع الجبريون إلى تطبيق عمليات الحساب على التعابير الجبرية إلا بعد تعميم مفهوم الأس الجبرى. وكانت النتيجة المباشرة لهذا التطبيق هو ظهور أول بحث من أبحاث جبر " متعددة الحدود ". ذلك أن الكرجى لم يكتف بدراسة عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج جذر " المفردات "، بل درس حالة متعددة الحدود. غير أنه وأن كان يحسن فى حالة متعددة الحدود وضع قواعد عامة لعمليات جمع الجذور وطرحها وضربها، فالأمر لم يكن كذلك فى قسمتها واستخراجها. فهو فى الواقع لم يتناول سوى قسمة متعددة حدود على مفرده. وإذا كان قد استخرج الجذر التربيعى فهو اقتصر على جذر متعددة حدود ذات معاملات منطقة موجبة.

ومع ذلك أمكن رشدى راشد دراسة المسائل التى اعترضت الكرجى فى وضعه الأعداد السالبة. ومع أن الكرجى أورد أن "الكميات السالبة" لا بد من عدها وكأنها "حدود"، فإن الممارسة أهملت هذا الاعتبار. ولئن كان الكرجى قد تقبل من دون تحفظ، طرح عدد موجب من عدد موجب آخر، فهو لم يقر صراحة بأن عملية طرح عدد سالب لا تعدو أن تكون عملية جمع. من هذه الحالات أمكن رشدى راشد أن يدرس مسألة وضع

قواعد عامة لقسمة واستخراج الجذر التربيعي لمتعددات الحدود ذات المعاملات المنطقية. غير أن خلفاء الكرجي في القرن الثاني عشر الميلادي وضعوا قواعد عامة للعلامات.

وبعد أن صاغ خلفاء الكرجي تلك القواعد استطاعوا إتمام المهمة واقتراح قاعدة لقسمة متعددات الحدود ولاستخراج الجذر التربيعي لمتعددة حدود ذات معاملات منطقية. ولم يكن الأسلوب المقترح آنذاك سوى امتداد لخوارزمية أقليدس لقسمة الأعداد الصحيحة الموجبة حتى تشمل التعابير المتعددة الحدود، عدا أن نظرية القسمة أسست لدراسة فصل آخر من فصول هذا الجبر لا يقل أهمية عنها ألا وهو: تقريب الكسور الصحيحة بعناصر حلقة متعددة الحدود ذات المتغير الواحد.

وسلك هؤلاء الجبريون مسلكاً مماثلاً لتطبيق القسمة العادية على متعددات الحدود، لاستخراج الجذر التربيعي لمتعددة الحدود ذات المعاملات المنطقية. فعمم أسلوب الكرجي وشرع في استخراج الجذر التربيعي لمتعددة حدود ذات معاملات منطقية.

وفي ضوء توسيع الحساب الجبري ليشمل التعابير المنطقية واصل الكرجي وخلفاؤه، تحقيق المشروع نفسه بغرض تبين كيفية العمل عن طريق الضرب والقسمة والجمع والطرح واستخراج الجذور على المقادير الجبرية الصماء. وإلى جانب النتائج الرياضية المحض التي تحققت من خلال هذا التوسيع، بدأت دراسة متميزة في تاريخ الرياضيات تعلق بالنتيجة الجبرية للنظرية الواردة في المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس. كان الرياضيون القدماء الذين اقتفوا أثر " بابوس "، العالم الرياضي الاسكندراني من بداية القرن الرابع الميلادي، من أمثال ابن الهيثم، كانوا يعتبرون " كتاب الأصول " لأقليدس، كتاباً في الهندسة. ارتبطت هذه المفاهيم، في ضوء عمل الجبريين، بالمقادير بعامة، العددية والهندسية. وأخذت النظرية تتبوأ مكانها في مجال نظرية الأعداد من خلال الجبر.

لم يتساءل الكرجي ولا خلفاؤه عن وجود الأعداد الحقيقية، لكنهم انطلقوا من تعريفات المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس، ثم عمموها. فالكرجي، شأنه شأن أقليدس، سعى إلى تقرير أن التعابير الحاصلة من مزج عدة جذور هي تعابير صماء. إلا أنه خالف أقليدس في أنه وسع مجال تطبيق مفاهيم المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس، على كل مقدار جبري. وعلى غرار المفردات، تنقسم ذوات الحدين إلى مالا نهاية. من هنا صاغ الرياضيون قواعد عامة لمختلف العمليات التي تجرى على الأعداد الجبرية الصماء وعادوا إلى مقارنة عدد وفير من مسائل المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس، وحلوا أما حلولاً جبرية مكافئة لحلول أقليدس أو حلولاً متميزة.

من هنا نهض جبر متعدّدات الحدود وتحققت معرفة أفضل للبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. وفي ضوء جبر متعدّدات الحدود نشأت فصول رياضية جديدة هي : التحليل التوافيقي، والحساب العددي، والتحليل الديوفنطسي. فكشف رشدي راشد عن ثمة عودة إلى نظرية الأعداد، وقد كانت عودة موجهة إذ أن الأفضلية أصبحت للبراهين الجبرية. وهنا بالذات عرض رشدي راشد لنشأة شكل برهاني يعتمد الاستقراء الرياضي المنتهي. وبين الرياضيون القوانين المتعلقة بإيجاد مجموع مربعات ومكعبات الأعداد الطبيعية المتوالية على النظم الطبيعي، كما عرضوا لقانون مفكوك ذات الحدين وبرهنون عليه كما وضعوا جدول المعاملات. أما في مجال الحساب العددي فقد طرحون مسألة استخراج الجذر النوني لعدد صحيح موجب وحلّوها، كما اخترعوا الكسور العشرية وطرق التقريب وطرقا مشابهة للطرق التي يطلق اسم " روفيني- هورنر " لحل المعادلات العددية.

وحقق رشدي راشد "فن الجبر عند ديوفنطس"، ١٩٧٥ ، " ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤، المجلد ٣، ١٩٨٤، في اللغة الفرنسية،" ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و ٦ و ٧، المجلد ٤، ١٩٨٤، في اللغة الفرنسية، "الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٧؛٢، ١٩٧٤، (في اللغة الفرنسية)، "الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٨؛٢، ١٩٧٥، (في اللغة الفرنسية)، وكتب مادة "ديوفنطس الاسكندراني"، في "الموسوعة الفرنسية"، ١٩٨٥، في اللغة الفرنسية، وعلق "تعليقات حول الصيغة العربية للكتب الثلاثة الأولى من علوم العدد لديوفنطس وحول المسألة، ١؛٣٩، تاريخ العلم، ٤-١، ١٩٩٤، في اللغة الفرنسية، وكتب "التحليل الديوفنطسي، التحليل والتركيب، تساوى المحيط، قاموس تاريخ العلوم وفلسفتها، في اللغة الفرنسية. فالتحليل الديوفنطسي المنطق، أو ما يُسمى أحيانا بالتحليل غير المحدد، قد ورد في نهاية كتاب الخوارزمي من دون أن يذكره الخوارزمي صراحة. وخصص أبو كامل، من بعد الخوارزمي، فصلا من كتابه عن "الجبر والمقابلة " للتحليل الديوفنطسي المنطق، أو ما يُسمى أحيانا بالتحليل غير المحدد. ووضع له مناهج دقيقة تماما. كان ذلك هو الوضع قبل أن نقل مقالات ديوفنطس في " المسائل العددية"، إلى اللغة العربية. وقد أسفرت هذه المقالات بعد ترجمتها عن قراءتين، الأولى كانت قراءة الجبريين بينما ارتبطت القراءة الثانية بمذهب آخر. فالجبريون العرب رأوا في " المسائل العددية " لديوفنطس مجموعة متتالية من المسائل التي تكافئ في معظمها معادلات - أو نظم من المعادلات - غير محددة لا تزيد درجتها على ٩ ذوات مجهولين أو أكثر ولا تتضمن إلا مقادير منطقة، وينبغي أن تكون حلول هذه المعادلات أعدادا منطقة موجبة. وهكذا فسرت أخيرا أعمال ديوفنطس تفسيراً قوامه المجاهيل والأسس والوسطاء. وقد أسس هذا التفسير للجبريين في ذلك العصر لأن يدرجوا في الجبر عددا كبيرا من مسائل ديوفنطس وأساليبه. فديوفنطس

" التاريخي " يكاد يكون غير " ديوفنطسي ". ديوفنطس " التاريخي " لا يفرق تفرقاً واضحاً بين المسألة المحددة والمسألة الغير المحددة. وفي هذه الحالة الثانية لم يحل ديوفنطس " التاريخي " الحلول كافة.

ولكن الجبريين العرب عرفوا هذا التمييز. وأطلقوا على هذا الباب الثاني، الذي أصبح باباً مستقلاً، عنوان " فى الاستقراء "، أى التحليل الغير المحدد. وكان مصدر هذا التمييز هو تطور جبر متعددات الحدود وما ترتب عليه من تغيير لنظرية المعادلات. صارت مادة باب "الاستقراء" هى المعادلات متعددة الحدود، ذات متغيرين على الأقل، ولكنها ليست من المتطابقات وبالتالي فهى غير مختزلة. وهذه الأعمال التى أنجزتها المدرسة العربية والتى أدخلها فيبوناتشى -ليوناردودى بيزا- فى أوروبا لم تتغير قبل ظهور بيار فرما.

أما المذهب الثانى الذى أدت إليه ترجمة " المسألة العددية " لديوفنطس فاعتبره رشدى راشد على نحو ما رد فعل سلبيا إزاء الجبر الذى كان سائداً فى ذلك الوقت. فثمة رياضيون من القرن العاشر الميلادى، مثل الخازن، كانوا يعرفون الجبر، لكنهم تجنبوه عمداً، مع ارتباطهم بالتراث الأقليدي، دراسة المعادلات الغير المحددة ذات الحلول المنطقية. لم يكن تصورهم للعدد يؤسس لقبول سوى الحلول التى تسفر عن أعداد صحيحة. وتكمن أهمية دراسة هذه الحلول فى أنها تؤسس لعلم حساب جديد. فهذا العلم الذى نهض فى القرن العاشر الميلادى هو العلم الوارد عند باشيه دى ميزيرياك وعند بيار فيرما قبل عام ١٦٤٠ . وفى القرن العاشر الميلادى كان الاهتمام يدور على نظرية المثلثات العددية الفيثاغورية المتوافقة الشهيرة، وظاهرة التوافق الخطي، وحل المعادلات البسيطة متعددة الحدود بمقاس عدد صحيح ما. وقد أسفر ذلك عن نتيجة أهم ألا وهى : المكانة المعرفية للمسائل المستحيلة.

إن مسائل عدة كانت لها الحظوة لدى الرياضيين اليونان بل ولدى رياضيين القرنين الثالث والرابع الهجريين وهى : مسألة الوسطين المتناسبين، ومسألة تثليث الزاوية، ومسألة المسبع المنتظم، وما إلى ذلك من المسائل التى عرفت بالمسائل " المستحيلة " لأنها لا يمكن حلها بالمسطرة والفرجار. وحسد كبار الرياضيين استحالة هذا الحل. لذلك لجئوا إلى حل هذه المسائل بواسطة قطوع المخروط. لذلك درس ابن الهيثم، تمثيلاً لا حصراً، المسبع المنتظم. ولم يكن أى من هؤلاء الرياضيين قد حاول بعد إثبات هذه الاستحالة. وكان الجبريون يعتبرون المعادلة من الدرجة الثانية أو الثالثة مستحيلة إذا كان أحد الجذور غير حقيقي. وفى كلتا الحالتين تسمى مستحيلة تلك المسألة التى تقش فى حلها هذا المنهج أو ذاك من مناهج الإنشاء أو التحليل عندما لا يتوافر هذا الشرط أو ذاك. ولكن تحولاً جذرياً طرأ على هذا المعنى عندما اعتزم رياضيو القرن العاشر الميلادى تطوير نطاق نظرية الثلاثيات الفيثاغورية فى اتجاه آخر أى عندما تساءلوا عما إذا كان بالإمكان حل المعادلة المسماة معادلة فيرما فى حالة $n = 3$ ، بالأعداد الصحيحة. فعندئذ أقروا بهذه الاستحالة

فى ماهيتها - أى على نحو مطلق- بوصفها موضوع البرهان. ولفتت هذه المسألة انتباه ابن سينا. وهى حين اقترنت بمسألة التمييز بين المتطابقات أتاحَت السبيل لتصنيف جديد للقضايا الرياضية ظل يستخدم لغة الجهات الأرسطية مع توجيهها نحو القابلية للحساب.

تأثر مشروع علماء الجبر الحسابية، إذن، بتوسيع مجال تطبيق العمليات الحسابية. فالنتائج التى توصل إليها هؤلاء الرياضيون لم تكن مهمة فى ذاتها وحسب إنما أسست لبداية أخرى للجبر. لم يعد الجبر متصلا بعلم الحساب وحسب إنما غدا مرتبطا بالهندسة. فهو منذ البداية لا يتجه إلى توسيع مجاله بقدر ما يتجه إلى تنظيم مادته، إذ كان يستهدف تنظيم دراسة المعادلات التكعيبية ووضع نظرية لها. ومن أجل فهم مدى هذه المهمة كان لا بد لرشدى راشد أن يدرس تاريخ نظرية المعادلات التكعيبية، وأن يدرس، أولا، الطريقة التى عرض لها الخيام نفسه (١٠٤٨ - ١١٢٣).

لم يصل الخيام شئ من اليونان فيما يتعلق بنظرية المعادلات التكعيبية ولئن كان أرشميدس قد وضع مسألة هندسية يمكن التعبير عنها بمعادلة تكعيبية فلا هو ولا من شرح أعماله من بعده استطاع أن يصوغ هذه المسألة صياغة جبرية وكان لا بد للماهانى أن يودى هذه المهمة بينما رجع الفضل فى حلها إلى الخازن ولكن أحدا منهما أو ممن سبقوهما أو ممن عاصروهما لم يحاول أن يعد نظرية حقيقية للمعادلات التكعيبية.

ميز الخيام ليس فقط بين مسألة هندسية يمكن التعبير عنها بمعادلة تكعيبية وبين ترجمتها ترجمة جبرية بل فرق بين حل أية مسألة من هذه المسائل وبين صياغة لنظرية للمعادلات التكعيبية.

وهكذا ظهرت مشكلة مكانه هذه النظرية الخاصة. من المعروف أن الرياضيين اليونان واجهوا مسألتى تضعيف المكعب وتثليث الزاوية وهما مسألتان من مسائل الدرجة الثالثة بل أن الرياضيين العرب عرفوا وناقشوا باستفاضة المقدمة التى استخدمها أرشميدس ولكن برهانها لم يرد له ذكر فى " كتاب الكرة والاسطوانة ". ومن المعروف أيضا أن هذه القضية يمكن التعبير عنها بمعادلة تكعيبية حلها أو طوقيوس ثم حلها من جديد رياضيون عرب مثل ابن الهيثم وقد أنجز هذا الحل عن طريق قطع مكافئ وقطع زائد، غير أنه لم يحدث قط أن فكر الرياضيون قبل الماهانى فى رد هذه المسألة أو غيرها، كتضعيف المكعب (س٣ = ٢) ، إلى تعابيرها الجبرية.

وقوى الاتجاه إلى التعبير الجبرى عن مسائل الدرجة الثالثة فى القرن العاشر الميلادى. وعاد ذلك إلى ثلاثة أسباب : التقدم البين الذى حققته نظرية معادلات الدرجة الثانية، واحتياجات علم الفلك، والدراسة المنتظمة لمسائل من الدرجة الثالثة مثل تضعيف المكعب وتثليث الزاوية وإنشاء المسبع المنتظم...الخ. ومن

خلال التقدم الذى تحقق لهذه النظرية حصل الجبريون على نموذج الحلول الجبرية - بال جذور - الذى يريدون أن يلتزموا به فيما يتعلق بالمعادلات من درجة أعلى وخاصة فيما يتعلق بالمعادلة التكعيبية. أما علم الفلك فقد طرح مسائل عدة بشأن معادلات من الدرجة الثالثة. فالماهانى نفسه (الذى يعتقد أنه توفى بين ٨٧٤ و ٨٨٤) كان فلكيا. ولكن البيرونى (٩٧٣ - ١٠٤٨) على وجه الخصوص هو الذى صاغ صراحة معادلتين تكعيبيتين وحلها من أجل تحديد أوتار بعض الزوايا بغية وضع جدول الجيوب. وطرحت هذه الصيغ الجبرية لمسائل من الدرجة الثالثة التى أجراها الماهانى والبيرونى وغيرهما من معاصرى البيرونى من الرياضيين، من أمثال أبى الجود بن الليث، طرحت هذه الصيغ الجبرية مشكلة لم يفكر فيها أحد قبل ذلك التاريخ وهى : هل بالإمكان التعبير عن هذه المسائل بمعادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف جملة مسائل الدرجة الثالثة، إن لم يكن من أجل التوصل إلى حل فى " أناقة " حل معادلة الدرجة الثانية من خلال الجذور، فعلى الأقل من أجل تقديم حلول منتظمة ؟

لم يكن بالإمكان التفكير فى هاتين المسألتين من دون تطوير نظرية المعادلات مضاعفة الترتيب والحساب الجبرى المجرد، أى من دون تجديد الجبر الذى بدأه الكرجي. فلا الرياضيون اليونان ولا الرياضيون العرب كانوا قد طرحوا هذا السؤال قبل هذا التجديد. وكانت المسألة التى أثارها الخيام وأوحد حلا لها بمثابة بداية عهد جديد للجبر. وقبل أن يشرع الخيام فى حل هذه المعادلات بدأت فى وضع تصنيف للمعادلات من الدرجة الثالثة وما دونها. وقد اعتبر البعض أحيانا هذه الدراسة نظرية هندسية للمعادلات التكعيبية. ولكن إذا كان المقصود بالنظرية الهندسية هو استخدام الأشكال الهندسية لتحديد الجذور الحقيقية الموجبة لهذه المعادلات، فقد يكون فى هذه المطابقة شئ من التعسف، إذ أن الشكل الهندسى لا يلعب إلا دورا مساعدا فى جبر الخيام، وفى جبر شرف الدين الطوسى من بعده (ت نحو عام ١٢١٣)، بوجه خاص. وبدلا من أن يقتصر هؤلاء الرياضيون على تلك الأشكال فكروا فى صورة دوال ودرسوا المنحنيات بوساطة معادلاتها ولئن كانوا قد وجدوا حلول هذه المعادلات عن طريق تقاطع مخروطين، فإنهم مع ذلك برهنوا فى كل حالة على هذا التقاطع بطريقة جبرية أى بوساطة معادلات المنحنيات. وهكذا لاحظ رشدى راشد أن الطوسى يعمل عن طريق تحويل خطى $s \leftarrow s + a$ أو $s \leftarrow s - a$ لى يرد المعادلات التى ينبغى حلها إلى معادلات أخرى يعرف حلها. ومن أجل حل هذه المعادلات يدرس الطوسى النهاية العظمى لتعابير جبرية فيأخذ بطريقة منتظمة - من دون أن يسميها - المشتقة الأولى لهذه التعابير ويجعلها مساوية للصفر. ثم أثبت أن جذر المعادلة الحاصلة المعوض فى التعبير الجبرى يعطى النهاية العظمى. وبعد الكشف عن أحد جذور معادلة تكعيبية، يدرس الطوسى أحيانا - من أجل تحديد الجذور الأخرى - معادلة من الدرجة الثانية ليست فى الواقع سوى حاصل قسمة المعادلة التكعيبية على ($s - r$) حيث r هو الجذر الذى سبق أن وجدته. وهو يعرف أن متعددة

الحدود من الدرجة الثالثة قابلة للقسمة على (س - ر) إذا كان ر جذر من جذور المعادلة من الدرجة الثالثة الموافقة لمتعددة الحدود. وبعد أن درس الطوسي المعادلة، حاول أن يعين حداً أعلى وحداً أدنى لجذورها الحقيقية.

من هنا قدم رشدي راشد حقائق تاريخية لم تكن معروفة، من قبل عمل رشدي راشد. وبين رشدي راشد بوجه خاص المستوى النظري والفني الذي بلغه هذا الجبر ومدى تعقد المسائل التاريخية من دون الاختصار على إحصاء النتائج. وانتقل رشدي راشد إلى دراسة تاريخها. وكشف رشدي راشد عند هؤلاء الجبريين ظهور استخدام المشتقة في أثناء مناقشة المعادلات الجبرية وفي مجرى حل المعادلات العددية. إلا أنه من المعروف أن استخدام " المشتقة الأولى " المرتبط بالبحث عن النهايات العظمى لم يكن جديداً. على أنه ظل استخداماً عرضياً يثيره هذا المثال أو ذاك ولم يصبح مفهوم المشتقة جزءاً لا يتجزأ من حل المعادلات الجبرية والعددية إلا على يد هؤلاء الجبريين، ولا سيما الطوسي. وفي الواقع لم يتحقق تعميم هذا الاستخدام إلا بعد تعميم نظرية المعادلات التي كانت في ذلك الوقت موضع محاولات تبذل لإعدادها، ومن خلال البحوث التي كان يجريها الرياضيون الذين كانوا يمارسون نشاطهم في مجالات أخرى. ذلك أن بنى موسى وثابت بن قرة وحفيده إبراهيم بن سنان والكوهي وابن الهيثم وكثيرين من غير الجبريين، أنجزوا في مجال تعيين قيمة الكميات المتناهية الصغر أعمالاً مهدت الطريق بصورة غير مباشرة لمحاولات الجبريين. فعن طريق رفضهم تفسير العمليات الجبرية تفسيراً هندسياً، مما هو ظاهر لدى بنى موسى ومما أكد عليه من جاءوا بعدهم، وعن طريق اكتشاف قوانين حسابية جديدة لازمة لحساب المساحات والأحجام، فإنهم قد زودوا هؤلاء الجبريين بأساليب أثبتت صلاحيتها للبحث عن النهايات العظمى. ولكن مجرد تعداد وتصنيف مسائل الدرجة الثالثة، اللذين كان يقتضيهما إعداد نظرية المعادلات التي كان الجبر قد اختلط بها منذ ذلك الحين، وكذلك البحث عن أسلوب لحل معادلات تكعبيه، كل ذلك وسع مجال تطبيق الأساليب التي كان يستخدمها الجبريون في تعيين قيمة الكميات المتناهية الصغر، ولا سيما أساليب البحث عن المشتقة الأولى. وبفضل الكميات المتناهية الصغر، كان مفهوم " المشتقة " موجوداً، غير أنه توارى عن الأنظار بسبب قلة الرموز الجبرية.

وذلك فسر، في رأى رشدي راشد، الاستخدام المنتظم لهذا المفهوم مع من أن العلماء لم يطلقوا عليه اسماً أو عنواناً. لقد استخلص رشدي راشد إذن النتائج الرئيسية للاتجاهات التي سلكها الجبر في المجتمع الإسلامي. ولكن هذا الإسهام الذي قدمه العلم العربي غالباً ما كان يغيب عن كتب تاريخ الرياضيات، بل إن معظم هذه النتائج تنسب - في مؤلفات تاريخ الرياضيات أوفى تاريخ العلوم العام - إلى الرياضيين الغربيين الذين ظهوروا بدءاً من القرن السادس عشر الميلادي. وهو ما يشوه المنظور التاريخي نفسه. لكن رشدي راشد

أثبت الإسهام الذى قدمه العلم العربى فى الجبر كما فى فروع علمية أخرى كثيرة مثل علم الفلك وحساب المثلثات وعلم المناظر وغيرها من العلوم.

من جهة أخرى، ربط البعض أصول التجريب العلمى بتيار الأفلاطونية الأوغسطنية، بينما يربطه البعض الآخر بالتراث المسيحى بعامة وبعقيدة تجسد المسيح بخاصة. وهناك أيضا من يربطها بمهندسى عصر النهضة، بينما يربطها آخرون بمؤلف "الأداة الجديدة" لفرانسيس بيكون. وأخيرا لا يتردد آخرون فى ربطها بجلبيرت وهارفى وكبلر وجاليليو. وتلتقى الآراء جميعا عند نقطة واحدة هى اتسام المعايير الجديدة بالطابع الغربى. غير أن عددا من المؤرخين والفلاسفة تخلوا منذ القرن التاسع عشر الميلادى عن هذا الموقف وردوا أصول التجريب إلى الحقبة العربية ومن أمثال هؤلاء ألكسندر فان همبولدت فى ألمانيا وكورنو فى فرنسا. لكن اعترف رشدى راشد أنه لم يكتب بعد تاريخ العلاقات بين العلم والفن ولا تاريخ الروابط بين الرياضيات والطبيعة. وما دام هذان الموضوعان لم يؤرخ لهما، فإن مسألة المعايير التجريبية ستظل موضع جدال.

إن الأمثلة التى عرضناها، والمستمدة من الجبر والطبيعة، تبين الدفعة التى أعطاها المجتمع الإسلامى للفكر الرياضى. ومن الواضح فى مثل الجبر أن الهدف لم يكن إضافة بعض النتائج الجديدة للتراث اليونانى والهندي إنما كان إنشاء فرع علمى لم يعرف من قبل ثم أقاد بعد إنشائه من هذا التراث. وأهم من ذلك ما أسفر عنه هذا العلم الجديد من فروع وما تمخض عنه من مذاهب متعددة وما ظهر من شبكات تمثلت فى أبواب جديدة. فلقد رأينا أن المذهبين الرئيسيين فى علم الجبر أتاحا لكل من الحساب العددي والتحليل الديوفنطسى للأعداد المنطقة والتحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة ، والتحليل التوافيقى أن تنهض جميعها كأبواب رياضية. ولكن هذا الإنتاج العلمى نفسه لم يكن من ناحية أخرى على هامش الحياة العملية. فالتحليل التوافيقى لم يقتصر استعماله على الجبريين بل أن اللغويين، ابتداء بالخليل بن أحمد ، استغلوه فى معاجمهم. أما الجبر الحسابى فقد استعمله الفقهاء أنفسهم وأطلقوا عليه اسم " حساب الفرائض " أى تطبيقات الجبر على المسائل القانونية الخاصة بالمواريث والوصايا وما إلى ذلك وفقا للتعاليم الدينية. ولكننا رأينا من ناحية أخرى أن الجبر نفسه كان يقدم مدارات البحث للفكر المجرد للفيلسوف. كان العلم الجديد يشكل إذن بتطبيقاته وموضوعاته، نشاطا ذاتيا خاصا بمجتمع تلك الفترة. لذلك كثيرا ما كانت ترد مادة الجبر أو الجبر الحسابى على الأقل فى مناهج دور العلم التى كانت تدرس أصول الفقه والكلام مثل المدرسة النظامية فى بغداد. كما كان يوجد فى المراصد متخصصون فى فروع أخرى من هذا العلم الجديد. فمن البين إذن أن معرفة التاريخ الموضوعى للعلم تقتضى أولا الخلاص من التصورات الموروثة من القرن التاسع عشر الميلادى ، مثل فكرة النهضة العلمية التى قامت فى القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادى من دون أن يسبقها أى علم سوى العلم اليونانى.

الكتابة الرمزية

طرح سؤال الرمز للمرة الأولى بصدد التعبير عن متعددات الحدود. فاستخدمت أولاً الجداول كنوع من الرمزية ، وكان هذا الأسلوب ثقيلًا جدًا ولكنه كان يؤسس للتعبير عن متعددات الحدود بطريقة جيدة. فإن نوعاً آخر من الرموز في ذلك الوقت كان من الممكن أن يخلط بين متعددات الحدود وبين دوالها . فهذه التعبيرات الرمزية كانت ثقيلة وإن كانت بسيطة من حيث المبدأ وهي فوق ذلك ليست رموزاً تماماً. إن مشكلة الرموز قد طرحت نفسها بعد هذا التعقد والذي طرأ على مجموع التعبيرات الجبرية. لقد طرح موضوع الرموز في المغرب بالذات. وهناك أيضاً ظهرت محاولات استخدام الرموز فيما يتعلق بعرض معين للمتغيرات وبصياغة المسائل في صورة معادلات. ولكن الاتجاه العام كان يعتمد على طرح مسألة الرموز والتأكيد على حاجتنا إليها.

غير أن مشكلة الرموز في نظر رشدي راشد ليست ضرورية أو إجبارية في الجبر. كان من الممكن استمرار البحوث في الجبر طويلاً من دون استخدام الرموز. وقد يتعذر على غير المتخصص عندئذ أن يفهمه، إلا أن المتخصص سيظل في وسعه أن يتابعه. وقد فرضت الرموز نفسها عندما بدأ الاهتمام بتحليل الكميات المتناهية الصغر.

أما مشكلة اللغة فهي تتدرج في نطاق رياضيات الرياضيات الذي يشكل المستوى الأول، إذ كان من المطلوب توظيف المنطق الأرسطي من جهة ومن جهة أخرى تجديد موضوع تقليدي من موضوعات فلسفة الرياضيات ، ألا وهو مشكلة التحليل والتركيب. ولم يحدث تطور في المنطق الرياضي في اللغة العربية في ذلك الوقت. وظل الفلاسفة، في الاتجاه الغالب عليهم، تقليديين في تلك المجالات، باستثناء الفلاسفة الرياضيين. فهؤلاء الرياضيون قد كشفوا عن عدد من المسائل النوعية الجديدة. درس ابن سينا، تمثيلاً لا حصراً، نشوء فكرة الاستحالة عن أمر جديد. فقد ذكر مرتين مثال استحالة المعادلة المسماة معادلة بيار فرما في حالة $n = 3$. ومن ناحية أخرى هناك انعكاس واضح للرياضيات في تعريفات الفارابي. وضرب رشدي راشد مثالا دالاً على ذلك وهو ما كتبه الفارابي وابن سينا عن مفهوم " الشيء " وعن الاختلاف البين بين " الشيء " و " الموجود " . فلماذا إذن شعر الفلاسفة في اللغة العربية بحاجة إلى إدخال تغيير جذري على وضع مسألة طرحت بشكل مختلف تماماً عند الفلاسفة اليونان ؟ لماذا قبلوا أن يكون مفهوم " الشيء " أعم وأوسع من مفهوم " الموجود " ؟ يرى رشدي راشد أن مفهوم المتغيرات والجبر وراء ذلك الاختلاف بين الفلاسفة المسلمين والفلاسفة اليونان. لقد قال الفارابي إن المعلوم شيء، وهذا القول ليس يونانياً تماماً. كان الجبر وراء ذلك.

إن تاريخ العلوم قد كتب وكأنه سرد لسلسلة من المعجزات. لكن رشدى راشد يبحث كمؤرخ. ففي فترة معينة يظهر "س" فجأة، ولكن يوجد قبله فراغ تام : فليس بالإمكان دراسة الكيفية التي توصل بها "س" إلى هذه النتيجة. ولا يعنى ذلك أبداً أنه ينبغي البرهنة على وجود سلسلة متصلة من المخترعين. ليس رشدى راشد من أنصار "الاتصال" فى تاريخ العلوم بعامة. ولكن ليس فى تاريخ العلوم خلق من عدم. لماذا وصل "س" إلى تلك المبادئ فى حين أننا نحس أحياناً أنه لا يمتلك ناصيتها تماماً ؟ ليس عن عجز ولكن لأنها تتجاوز إمكاناته. وليس بالإمكان دراسة بيار فرما أورنيه ديكرت ، من دون معرفة أسلافهم. لماذا شغل فرما عقله بمسألة الأعداد وبنظرية الأعداد ؟ لماذا وقع ذلك فى تولوز فى ذلك الوقت بالذات وفى تلك المنطقة ؟ إن تاريخ العلوم قد كتب وكأنه سرد لسلسلة من المعجزات ، وكأى تاريخ "عسكرى" ، أى أن آخر الفاتحين هم الذين كتبوه. إن تاريخ العلوم قد كتب وكأنه سرد لسلسلة من المعجزات ، وكأى تاريخ "عسكرى" ، أى أن تيار الغربيين العنصريين، والاستعماريين، هم الذين كتبوه. فليس المطلوب، كما قد نتوهم، هو تصويب الأخطاء أو المطالبة بمنح الأولوية لكشف هنا أو هناك.

لقد اصطنعت بضع معجزات فى القرن التاسع عشر الميلادي، خاصة " المعجزة اليونانية ". فما هى النظرية التى سادت فى القرن التاسع عشر الميلادى ؟ هناك نظريتان أساسيتان فى القرن التاسع عشر الميلادي، الأولى هى مفهوم المعجزة اليونانية، والثانية هى الاتصال بين الثقافة الهلينية وأوروبا ، كما لو كانت أوروبا هى الوريثة الوحيدة للتراث الهليني. مع أنه لم تكن هناك علاقات بين التراث الهليني وأوروبا ، إذ تركز الهليني أساساً فى شرق البحر المتوسط والذين ورثوه هم الفرس ومن كانوا يتكلمون العربية من المسلمين وغير المسلمين. لقد بدءوا بترجمة المؤلفات اليونانية إلى السريانية أو العربية وبذلك كفوا اتصال هذا التراث. كانت هذه هى أولى مغالطات القرن التاسع عشر الميلادي. أما المغالطة الثانية فهى الحديث عن المعجزة اليونانية وإرجاع كل شئ إلى علم الهندسة اليوناني. ولكن حصر العلم اليونانى فى مجال الهندسة وحدها فيه تشويه له. من جهة أخرى، فمن المهم فهم ما حدث فى الهند لفهم نظرية الأعداد. فنجد فى الهند مثلاً المعادلة المسماة بمعادلة بيزو *BEZOUT*. فكيف نعلل وجود تلك المعادلة بعد ذلك التاريخ فى مكان آخر؟ وكيف اكتشف تلك المعادلة المميزة التى بسطت حلولها إلى أقصى حد؟ كيف تغير شكلها ؟ تلك هى المواضيع العملية فى البحث.

فى بعض الأحوال نحتاج للترجمة العربية نفسها لتحقيق نص ما، وهذا صحيح بالنسبة إلى أرسطو. ولكن الجانب الذى وجه رشدى راشد كان أعمق من مجرد الشرح العربى على النص اليوناني، إذ أراد تناول فرع علمى ليست له سوابق يونانية. أراد أن يقلب الفكرة التى سادت فى القرن التاسع عشر الميلادى وذلك بأن

اظهر ما تتسم به من تناقض ، أى أنه من الممكن التصرف بطريقة أخرى تجاه مجموعة من الفروع العلمية الأخرى.

رأى رشدى راشد أن اختيار لايبنتز كان اختيارا مميزا من الناحية التاريخية، لأن كل الناس كانوا يتكلمون حينئذ عن اللغة العالمية ، ولكن اختيار لايبنتز لم يلق النجاح فى زمنه. وبعبارة أخرى كان لا بد من انتظار ظهور نوع من الرموز ، أو مفهوم أكثر قوة من اللغة الرياضية حتى نصل إلى ذلك الامتزاج أو الارتباط . وما أراد رشدى راشد أن يقوله ببساطة هو أن اللغة الرياضية كانت لا تزال لغة عادية وأنها ظلت لغة عادية حتى مع وجود بعض الرموز . والنقطة الثانية هى أنه يحب الفلسفة كثيرا، لكن تلك الفلسفة المتميزة عن مجرد النقل.

فالوجهة الفلسفية كانت محور الباب الثالث : الفلسفة كما صاغها الرياضيون العرب لا كما صاغها الفلاسفة الخالص. فى هذا الباب الثالث عن فلسفة الرياضيات العربية، أتناول بالتحليل والنقد رؤية رشدى راشد الفلسفية إلى الرياضيات والنظر الرياضى للفلسفة فى آن واحد. فهو باب يعرض للتاريخ الفكرى للأفكار الرياضية العربية، وبوجه خاص طرق البرهان فى الرياضيات، وأساس المعرفة الرياضية، واليقين الرياضى. وذلك لتعيين -تحليلي/نسبي/تفاضلي- طبيعة المعرفة الرياضية ومنزلتها فى اليقين الممكن للإنسان العربى وحدود العقل العربى فى البحث عن الحقيقة. فى الواجهة التاريخية، ينظر رشدى راشد إلى العلم كعلم لا كظاهرة ثقافية عامة، ويدرس تطوره فى الحضارة العربية. ولا يزال مجال البحث فى هذا الميدان مفتوحا تماما.

إن البحث التاريخى فى الرياضيات، عند رشدى راشد، هو جزء من آلية إنتاج المعرفة العلمية نفسها من دون النظر الضرورى إلى مسلمات إنتاج العلم واستعماله. وهو يقف على الوقائع العلمية بالذات بالنصوص والمخطوطات والوثائق. ويكاد فى أغلب الأحيان يصرف النظر عن المسلمات التاريخية الاجتماعية التى تربط الظاهرة العلمية بمجموعة البنى والمؤسسات التى يتأثر بها العلم. إن التأريخ الرشدى للرياضيات هو بالضرورة تأريخ من داخل الرياضيات نفسها لا تأريخا سوسيولوجيا. لذلك فهو كمؤرخ للرياضيات يلم إماما علميا دقيقا كالرياضي، بالأفكار والنظريات والمبرهنات الرياضية. ولا ينحو منحى سوسيولوجيا فى التأريخ للعلوم الرياضية وفلسفتها.

كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى تربيض العلوم الاجتماعية أو ما سمي باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. ويعود الانتباه الأصلى إلى تربيض العلوم الاجتماعية كعقائد لا شكلية، فى إطار عمل رشدى راشد-كما أشرنا إلى ذلك فى سياق الكلام على

"الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، إلى مشكلة السُمطة اللامتناهية *unlimited semiosis*، أي، إلى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تنطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكر فى وضع العلوم الاجتماعية الغير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *interpretant* - هى العلامة الرياضية. ومن دون هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدلالية، يعجز الدارس عن استعمال الصور والمجاز، من جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *théorie confisquée*، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى : كيف بالإمكان تربيض العلوم الاجتماعية لكى تصبح علوما بالمعنى الصحيح للمصطلح والكلمة والفكرة؟ كيف بالإمكان تربيض دراسة الأخلاق أو دراسة الفضائل أو الرذائل؟

ذلك كان سؤال رشدى راشد العلمى التطبيقى الأسمى قبل أن يدخل مجال التأريخ للرياضيات العربية. ومن هنا لا يكرر رشدى راشد سؤال عمانوئيل كانط حول تطبيق الرياضيات فى مجال الفيزياء كما سبق أن حاول كانط بعامة. كان سؤال رشدى راشد يدور حول العلاقة بين الرياضيات من جهة، وبين العقائد الغير الشكلية *DOCTRINES INFORMELLES*، من جهة أخرى، أو بين الرياضيات والعقائد *DOCTRINES* الخالية من النظرية. انطلق رشدى راشد من موقف العلوم الاجتماعية كعلم الاجتماع والاقتصاد وعلم النفس، التى هى أشبه بعلوم تعيش فى العصور الوسطى، ولم تنتضج بعد النضج الحديث. ووصف هذا الموقف بأنه يمدنا بعلوم هى أشبه بمبادئ أو آراء دينية، فلسفية، فقهية، وتنسب إلى أحد المفكرين أو إحدى المدارس. وهى علوم نقلية-تعليمية. ومن خصائص المذهب التعليمى أن تكون مبادئه وحقائقه متصلة بالعمل، لا أن تكون مجرد حقائق نظرية، ولذلك قيل إن الفرق بين العلم والمذهب التعليمى أن العلم يشاهد ويفسر، والمذهب التعليمى يحكم ويأمر ويطبق. ومذهب التعليم عند العرب مذهب الباطنية الذين يدعون أنهم أصحاب التعليم، والمخصوصون بالاقتباس من الإمام المعصوم. يمثل التأريخ التطبيقى للعلوم الجزء الثانى من مشروع رشدى راشد المتعلق بالرياضيات التطبيقية. فقد كان الجزء الأول من هذا المشروع هو البحث فى تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية. كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى تربيض العلوم الاجتماعية أو ما سمي باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية.

انطلق رشدى راشد، إذن، فى التأريخ للرياضيات العربية، من مسألة أساتذتى الفرنسيين نفسها، ولكنه درسها بطريقة أخرى. انطلق من مسألة تطبيق قوانين الرياضيات فى مجال العلوم الاجتماعية ، ومن استخدام هذه القوانين فى كل من الاقتصاد والاجتماع بوصفها تفسيراً لوقائع معلومة وبوصفها وسائل للتنبؤ بوقائع

مجهولة. كيف نتوصل إلى قوانين الاحتمال ، وعلى أى أساس نبرر اعتقادنا بأن مثل هذه القوانين تتعقد؟ تعتمد القوانين على تسجيل نظم معينة. فهي التى تنظم المعرفة غير المباشرة ، كمقابل للمعرفة المباشرة بالوقائع . فما الذى يبرر لنا الانتقال من تسجيل الوقائع المباشرة إلى وضع قانون يعبر عن نظم معينة فى الطبيعة ؟ تلك هى "مسألة الاستقراء ". وغالبا ما يتناقض الاستقراء مع الاستنباط ، بقولنا إن الاستنباط ينتقل من العام إلى الخاص أو الفردى ، بينما يمضى الاستقراء فى الطريق الآخر ، من الفردى إلى العام. وفى الاستنباط تنتقل أنواع من الاستدلالات من العام إلى الخاص ، كما تظهر فى الاستقراء أنواع متعددة من الاستدلالات. يفترض الفرق أن الاستنباط والاستقراء فرعان لنوع واحد من الاستدلال.

ولكى يتبين لنا بوضوح التمييز بين هذا النموذج من الاحتمال ، والاحتمال الإحصائى عند موريس بودوورودولف كارناب ، والاحتمال الرياضى عند رشدى راشد، استحضرنا تاريخ نظرية الاحتمال. فالبحث فى حساب الاحتمال كان أساس الانطلاق فى تأريخ رشدى راشد للعلوم العربية بعامه. من هنا نحت رشدى راشد مجرىً جديداً فى التأريخ للعلوم العربية، على مدار نصف قرن من البحث.

كانت المشكلات الجوهرية إذن هى مشكلات الانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات نشأة العلم الغربى الحديث وتكوينه. وهى مشكلات النظر إلى تاريخ العلم الغربى الحديث. بعضنا لا يهجون إلا بالخلود فى بعض الرؤى المعرفية. إنما المشكلة نفسها التى كان تناولها أساتذتى فى جامعة السوربون هى التى يدور حوله إسهام رشدى راشد: نشأة تاريخ العلوم الحديثة-الكلاسيكية وتكوينها. وهى المشكلة المحورية فى الفكر العلمى المعاصر بعامه. إن مشكلة الفكر العلمى المعاصر الأساسية هى مشكلة تطور المعرفة العلمية وتطورها.

أما إسهام رشدى راشد فقد تركز على الشك فى الكلام السائد الذى يقال فى البحث فى المشكلات الجوهرية التى تتعلق بالانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات نشأة العلم الغربى الحديث وتكوينه. وذلك بحثا عن يقين آخر، عن تقسيم آخر لتاريخ العلوم بعامه. فهولا يهدم رؤى إلا بعد ما يبنى هدمه. أعاد رشدى راشد، إذن، كتابة تاريخ العلم من خلال دراسة تاريخ الجبر وفلسفته ونظرية الأعداد التقليدية والبصريات الهندسية والبصريات الفيزيائية والبنىات الهندسية والمحددات اللامتناهية ومشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية والإنسانية. واستعاد رشدى راشد بصورة أساسية المبادرات العلمية الأولى التى بفضلها استطاع العلماء فى اللغة العربية لا أن يفتحوا الطريق لعلوم الرياضيات وفلسفتها الحديثة إنما أرسوا أسس الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها.

فى عقد الخمسينيات من القرن العشرين غادر رشى راشد البلاد من قبل غيره من الباحثين إلى أنحاء العالم بحثاً عن مدينة فاضلة أخرى. وارتحل على مدار الأربعين عاماً الأخيرة بين أغلب عواصم العالم بحثاً عن حلم آخر. وبين الشد والجذب وبين المد والجزر، ظل رشى راشد أميناً للفكر الوطنى المصرى الأصيل. وهو أحد النادرين من هذا الجيل الذين جمعوا جمعاً حقيقياً وعميقاً بين المعرفة بالتراث العربى والتراث العالمى على حد سواء. مع ذلك، هو ليس من التوفيقيين الذين يلفقون حزب الوسط الثقافى، بل هو من الذين يقيسون التراث وغيره بمدى قربيه أو بعده عن الحاجات الأساسية للعلم. احتفظ من صباه إذن بالقيم الأخلاقية التى تبنى عليها، وبمحبة التراث العربى والتراث العالمى كجزأين جوهريين من أجزاء هويته الوطنية والعالمية، ويحرص زملاءه على اكتشاف مختلف مكونات التراث الإنسانى والعربى قبل الحكم عليها، إذ هو عدو لدود للدعاء. قاده ذلك كله إلى الإيمان العميق بالعلم. وتحول إلى آفاق العلم الواسعة. وقد حل له هذا التحول مشكلات عديدة بشأن الهوية والانتماء، إذ تبلور الانتساب إلى العلم عنده من دون الانفصال عن الوطن والثقافة القومية واللغة العربية، أى أن الفكر العلمى هو الوعاء النظرى : تاريخ الجبر وفلسفته؛ نظرية الأعداد التقليدية؛ البصريات الهندسية والبصريات الفيزيائية؛ البنيات الهندسية والمحددات اللامتناهية؛ مشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية من الجهتين : التاريخية والفلسفية.

أما الوحدة المعاصرة، فقد أدرك رشى راشد أنها مستحيلة التحقيق بغير العلم. ولعل بعض المعاصرين من الأجيال الجديدة يعرفونه الآن معرفة أفضل. فقد أدى تواضعه الجم إلى نوع من الانطواء والتوقع خارج الدائرة الضيقة جداً من الأصدقاء. وإذا كانت هزيمة ١٩٦٧ قد أصابت الجيل بزلزال عنيف، فقد اختلفت انعكاساتها من فئة إلى أخرى ومن فرد إلى آخر. أما رشى راشد فقد شعر أنه شخصياً قد هزم. مع أنه لم يكن بحوزته سلطات أو صولجان. فهو مثقف يعيش الحلم ويكتفى بموقعه مجرد عامل بناء فى مشروع لم يكتمل. وببصيرة ثاقبة أدرك أن الزمن القادم هو زمن العلم وحده.

وشكل عمل رشى راشد جزءاً لا ينفصل من الحقبة المعاصرة من تاريخ الإنسانية، حيث وجه العالم بصره، أولاً، إلى الرياضيات، وإلى تطبيق الرياضيات على العلوم الإنسانية والاجتماعية. ذلك أن الحضارة الحديثة تميل إلى تغليب التقنيات على المظاهر الإنسانية، وتعمل بذلك على إخضاع الكائن البشرى إلى ما ينبغى أن يظل مجرد وسائل تخدم تحرير هذه الغاية. لذلك، أعاد رشى راشد التوازن فى هذه الحضارة بين الرياضيات والفلسفة، وهدم الرؤية الأنثروبولوجية، اللاهوتية، المدرسية، الحديثة، المتكررة، فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها. ذلك أن رشى راشد يذكرنا بأن ذلك العهد الذى طال واعتبر الإنسان الغربى-الأوروبى فيه نفسه مركزاً لاهوتياً للكون قد انقضى.

وهكذا أسهم رشدى راشد فى هدم علامة عُرْفِيَّة *LEGISIGN* أو عرف *LAW* كان علامة راسخة فى تاريخ العلوم الحديث. وقد أنشأ المؤرخون ذلك العرف بوجه عام. وهى علامة تواضع عليها المؤرخون. فهى علامة عرفية. وليست العلامة العرفية موضوعا واحدا بل هى نمط عام قد تواضع المؤرخون على اعتباره دالا. وهى علامة عرفية تدل عبر حالات تطبيقها. ويمكن أن نسمى حالة التطبيق هذه بنسخة مطابقة *REPLICA* للعلامة. وفى كل هذه المرات يقابل الباحث الأداة نفسها ، والعلامة العرفية نفسها. وكل حالة من حالات ورودها نسخة مطابقة والنسخة المطابقة علامة عرفية. ومن العلامات العرفية عند الغربيين، التى أسهم رشدى راشد فى تفكيكها تفكيكا رياضيا-تقنيا وتاريخيا وفلسفيا، أن دراسة العلوم دراسة منظمة ، إنما يرجع الفضل فيها إلى أهل أوروبا وحدهم دون غيرهم.

يقول العُرف السائد إن القرون الوسطى كانت عصورا مظلمة. وقد ضرب على آذانهم زهاء ألف عام ، من وقت سقوط الدولة الرومانية الغربية ميلادية ثم بعثوا من مرقدهم ، فى أواخر القرن الخامس عشر الميلادي، فنشرت علوم الإغريق بعد موتها ، فكانت ما سُمى باسم "النهضة"، وقامت مدينة أوروبا الحديثة على أساس مدينتها القديمة. ولما كان الإغريق القدماء من أهل أوروبا ، فمدينتهم مدينة أوربية ، تحمل الطابع الغربى ، وبذلك يكون الغرب قد وصل ماضيه بحاضرة مخترقا تاريخ العلوم فى اللغة العربية. من العلامات العرفية عند الغربيين، إذن، أن ما سُمى باسم عصر النهضة فى أوروبا ، قد كشف عن منطق جديد، ومنهاج مستحدث من مناهج الفكر، هو المنطق الاستقرائى ، وهو المنهاج العلمى ، يرجع الفضل فى صياغته إلى فرانسيس بيكون ، الذى ألف كتابا فى اللغة اللاتينية سماه بالاسم اللاتينى *ORGANUM NOVUM* أو الأداة الجديدة أو العضو الجديد أو الوسيلة الجديدة. فنشأ نمط جديد من أنماط التفكير البشرى، وهكذا قامت العلوم على أسس حديثة ، قوامها المشاهدة والتجريب ، وقوامها منطق جديد ، هو منطق العلم ، منطق التمهيص وامتحان المقدمات. ذلك بأنهم ميزوا بين منطقين، المنطق الاستقرائى الذى يسلك سبيل الحس والمشاهدة ، ويعنى بالحقيقة الخارجية أو الحقيقة الموضوعية ، وهذا هو منطق العلم . وأما المنطق الاستنتاجى وأساسه التسليم بالمقدمات ثم الوصول منها إلى نتائجها عن طريق القياس وهذا هو منطق الدين. وقالوا إن انحطاط العلوم فى القرون الوسطى ، إنما مرجعه إلى تسلط رجال الدين على التفكير البشرى فمنطق رجال الدين منطق قياسى ، أساسه التسليم بمعتقدات ثابتة.

ومن جهة أخرى، من العلامات العرفية الأخرى عند الغربيين أن رجال الكنيسة فى القرون الوسطى ، كانوا سببا من أسباب انحطاط العلوم وتأخرها فى أوروبا. إن الغربيين الذين ينسبون منشأ العلم ، وتاريخ العلم إلى أوروبا واهمون. فالقرون الوسطى كانت عصورا مظلمة فى أوروبا ، أما فى الشرق فقد ازدهرت مدينة فى اللغة العربية، ومن الثابت أن العلوم فى اللغة العربية قد انتقلت إلى أوروبا. وفى منتصف القرن الثانى عشر

أمر ريمون كبير أساقفة بلد الوليد بترجمة الكتب العربية اللغة اللاتينية ، وألف لهذا الغرض لجنة برئاسة القس دومينيكوس جونديسالفي فترجمت كتب ابن سينا والغزالي وغيرهم من العلماء والمفكرين ، وفي القرن الثالث عشر رتب الإمبراطور فردريك الثاني أرزاقا ثابتة على مترجمين متخصصين انقطعوا لعمل الترجمة ثم استخدمت هذه الكتب في الجامعات الأوروبية ، وقد استمرت عملية الترجمة من العربية خلال القرنين الثاني عشر والثالث عشر فترجم هرمان أو *ORGANUM* " أو الأداة الجديدة أو العضو الجديد أو الوسيلة الجديدة. فنشأ نمط جديد من أنماط التفكير البشري، وهكذا قامت العلوم على أسس حديثة ، قوامها المشاهدة والتجريب، وقوامها منطق جديد ، هو منطق العلم ، منطق التمهيد و امتحان المقدمات. ذلك بأنهم ميزوا بين منطقيين، المنطق الاستقرائي الذي يسلك سبيل الحس والمشاهدة ، ويعني بالحقيقة الخارجية أو الحقيقة الموضوعية ، وهذا هو منطق العلم . وأما المنطق الاستنتاجي وأساسه التسليم بالمقدمات ثم الوصول منها إلى نتائجها عن طريق القياس وهذا هو منطق الدين. وقالوا إن انحطاط العلوم في القرون الوسطى ، إنما مرجعه إلى تسلط رجال الدين على التفكير البشري فمنطق رجال الدين منطق قياسي ، أساسه التسليم بمعتقدات ثابتة.

ومن جهة أخرى، من العلامات العرفية الأخرى عند الغربيين أن رجال الكنيسة في القرون الوسطى ، كانوا سببا من أسباب انحطاط العلوم وتأخرها في أوروبا. إن الغربيين الذين ينسبون منشأ العلم ، وتاريخ العلم إلى أوروبا واهمون. فالقرون الوسطى كانت عصورا مظلمة في أوروبا ، أما في اللغة العربية فقد ازدهرت فيها مدنية علمية في اللغة العربية، ومن الثابت أن العلوم في اللغة العربية قد انتقلت إلى أوروبا. ففي منتصف القرن الثاني عشر الميلادي، أمر ريمون، كبير أساقفة بلد الوليد بترجمة الكتب العربية إلى اللغة اللاتينية ، وألف لهذا الغرض لجنة برئاسة القس دومينيكوس جونديسالفي فترجمت كتب ابن سينا والغزالي وغيرهم من العلماء والمفكرين ، وفي القرن الثالث عشر رتب الإمبراطور فردريك الثاني أرزاقا ثابتة على مترجمين متخصصين انقطعوا لعمل الترجمة ثم استخدمت هذه الكتب في الجامعات الأوروبية ، وقد استمرت عملية الترجمة من العربية خلال القرنين الثاني عشر والثالث عشر فترجم هرمان أو علمانوس كتب الفارابي كما ترجمت كتب الخوارزمي في الجبر والحساب وكتب الرازي في الطب وكتب جابر بن حيان في الكيمياء وكذلك مؤلفات الفرغاني والبتاني والصوفي في علم الفلك.

واستفاد العلماء، في اللغة العربية، من علم الهند والفرس، فالأرقام التي نستخدمها اليوم في الحساب ، تسمى عندنا الأرقام الهندية لأننا نقلناها عن الهند ، وتسمى عند الغربيين الأرقام العربية لأنهم نقلوها عنا ، وكانوا قبل ذلك يستعملون الحروف الأبجدية ، على طريقة حساب الجمل ، ثم أن الإغريق الذين نقل العرب عنهم ، نقلوا هم عن المصريين القدماء. كما درسها البابليون والفينيقيون وطبقوها في النقاويم وفي الملاحة البحرية. فالعلم إذن لا يقتصر على أهل أوروبا وحدهم، وليس ذا طابع غربي أو شرقي ، بل هو مشاع بين

الأمم ، يطلب في الهند كما يطلب في إنجلترا. ومنطق الاستقراء ، أو منطق العلم ، الذى شرحه فرانسيس بيكون ، وقرب مأخذه ، ليس منطقاً جديداً على البشر ، وإن كان جديداً على أهل القرون الوسطى فى أوربا ، فهو منطق المشاهدة والبرهان الحسى ، منطق التفكير المنظم ، المبنى على الواقع، على الحقيقة الخارجية، هو المنطق نفسه الذى دفع العلماء ممن ألفوا فى اللغة العربية إلى المعرفة العلمية. إن العلم بهذا المعنى لا يخرج عن دائرة معينة ، وهذه الدائرة هى دائرة الحقائق الموضوعية ، دائرة الموجودات التى ترتبط بالحواس، إما ارتباطاً مباشراً أو غير مباشر. فالعلماء جميعاً لهم أن لا يقطعوا بقول وأن لا يرتبطوا برأى أو عقيدة ثابتة ، بل هم يحصون كل رأي. ومحصى رشدى راشد، إذن، تاريخ الرياضيات العربية فى ضوء العلوم على مستوى العالم كما جدد العلوم فى العالم فى ضوء العلوم العربية من دون عروبية ومن دون إسلامية كما من دون عولمة زائفة. هذه الجدلية النافذة هى جوهر تفرد إسهام رشدى راشد فى الفكر العلمى المصرى، والعربى، والدولى، المعاصر.

وحين نظر رشدى راشد إلى تاريخ العلوم، كان أساس هذه النظرة عدة مشكلات حول ما سيكون عليه المستقبل المصرى/العربى، بالذات، من دون العلم. لكنه استطاع أن يتأكد، تقريباً، أنه إذا كنا نريد للوطن أن يشبع حاجات الناس، فإذن لا بد للمجتمع أن يتغير. من هنا فليس من شك أن علم الغد يختلف اختلافاً أساسياً عن ما نعرفه اليوم عن العالم، وهو يعيش غسق القرن العشرين والألفية الثانية.

ناصر رشدى راشد، مع أنه يبدو مستغرقاً، ظاهرياً، فى التجريد، قيم الديمقراطية والعدالة والعدل الاجتماعى والسلام كما التوافق مع بيئتنا الطبيعية -وكلها قيم الحداثة لا ما بعد الحداثة- بوصفها مدارات هذا الوطن المتغير والعالم المتقلب. تيقن من أن التصور طويل الأجل هو أساس طريقتنا المستقبلية الممكنة فى الحياة وإدارة أمننا وجماعاتنا والتداخل على مستوى العالم. فى ضوء هذا التطور نحو التغيرات الأساسية فى أساليبنا وسلوكياتنا، صار للعلم -فى معناها العريض- دور رائد لتحقيق التغيير. وهذه أطروحة رشدى راشد الجوهرية. فأحد التحديات الصعبة التى تواجهنا هى تعديل أنماط تفكيرنا بحيث نواجه التعقد المتعاضد وتسارع التغيرات غير المتوقعة مواجهة علمية. ويدعو رشدى راشد إلى إعادة التفكير فى طريقة تنظيم المعرفة. لذلك أزال الحواجز التقليدية بين العلوم وتصور كيف نصل ما كان حتى الآن منقطعاً فى تاريخ العلوم. دعا إلى إعادة صياغة سياساتنا ومناهجنا العلمية فى مصر والعالم العربى. وفيما هو يدعو إلى إجراء هذه الإصلاحات فى السياسة العلمية، يدعو لأن نحافظ على المدى الطويل، على عالم الأجيال القادمة.

مع ذلك يستخلص رشدى راشد مجموع العناصر التى لا بد من معرفتها. الهدف هو الكلام على إجابات رشدى راشد على المشكلات الأساسية التى ظلت مجهولة تماماً أو منسية وإن كانت ضرورية لعلم وتاريخ

وفلسفة القرن الجديد عندنا وعند غيرنا. هناك معارف أساسية أضافها رشدى راشد لتاريخ العلوم فى المستقبل فى أى مجتمع كما فى أى ثقافة من دون تمييز كما من دون رفض، وفقا لأنماط والقواعد الخاصة بتاريخ العلوم على مستوى العالم.

إن المعرفة الرياضية/التقنية التى ارتكز عليها عمل رشدى راشد لتحديد الوضع العالمى للعلوم العربية، والوضع العربى لعلوم العالم، إنما هى معرفة جزئية ونهائية فى آن. من هنا قادت إلى مشكلات عميقة حول عالم العلم وحياة العلم ونشأة تاريخ العلوم وتطوره. هنا انفتح ما لا يقبل التقرير، أى تدخل الخيارات الفلسفية، التى حاول رشدى راشد تحييدها من خلال حفريات وتقنيات وتدقيق وصبر.

إن المعارف الضرورية لمؤرخ العلوم الجديد هى أولا معرفة عماءات المعرفة التاريخية : الخطأ والوهم. إن الجدير بالذكر هو أن تاريخ العلوم الذى يبتغى نقل المعارف يغض البصر عن ماهية العلم الإنسانى، أدواتها، عجزها، صعوباتها، اندفاعها إلى الخطأ والوهم، ولا تلتفت أبدا إلى معرفة العلم.

لا يمكن النظر إلى العلم بوصفه أداة مصنوعة سابقا، قد نستعملها من دون دراسة لطبيعتها. لا بد أن تظهر معرفة العلم كضرورة أولى قد تستخدم كإعداد لمواجهة أخطار الخطأ والوهم الدائمة والتى لا تكف عن شل الروح الإنسانى. المقصود هو تسليح كل عقل فى المعركة الحيوية من أجل الوضوح. ومن الضرورى أن ندخل وننمى فى دراسة تاريخ العلوم الحذر من الخطأ أو وهم القطيعة فى تاريخ العلوم وفلسفتها.

مراجع الكتاب

م ٣٦ تاريخ العلوم العربية

بيبلوغرافيا

نتاج رشدی راشد فی الرياضیات فی الحضارة
العربية بخاصة، وفي تاريخ العلوم بعامة

أ- المؤلفات

- ١- "المدخل إلى تاريخ العلوم" (تأليف مشترك)، ج١: العفاصر والأدوات، باريس، دار هاشيت، ١٩٧١؛ ج٢ : الموضوع والمناهج. نماذج، باريس، دار هاشيت، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسية).
- ٢- كتاب "الباهر فى الجبر" للسموعل (تحقيق مشترك مع أحمد سعيدان)، دمشق، مطبوعات جامعة دمشق، ١٩٧٢ .
- ٣- "كوندورسيه : الرياضيات والمجتمع"، سلسلة المعرفة، باريس، دار هرمان، ١٩٧٤، ٢١٨ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الأسبانية عام ١٩٩٠ .
- ٤- فن الجبر عند ديوفنطس، القاهرة، دار الكتب، ١٩٧٥ .
- ٥- "الإنتاج الجبرى للخيام" (تحقيق مشترك مع أحمد جبار)، حلب، مطبوعات جامعة حلب، ١٩٨١، ٣٣٦ .
- ٦- بين الحساب والجبر. بحوث فى تاريخ الرياضيات العربية، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤، ٣٢١ صفحة. نقل من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية وصدر عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، إبريل ١٩٨٩، ثم إلى اللغة الإنجليزية، كلوير، دراسات بوستن فى فلسفة العلوم، ١٩٩٤، ثم إلى اللغة اليابانية، مطبوعات جامعة طوكيو.
- ٧- ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤، المجلد ٣، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٨- ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٦و٥ و٧، المجلد ٤، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩- جون اتار، محاولات فى تاريخ الرياضيات، جمعها وقدم لها رشدى راشد، باريس، بل ونشار، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ١٠- دراسات حول ابن سينا، إشراف ج. جوليفيه ورشدى راشد، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ١١- شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة فى القرن الثانى، المجلد١، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ١٩٩٨ . فى اللغة الفرنسية.
- ١٢- شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة فى القرن الثانى، المجلد٢، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية فى بيروت عام ١٩٩٨ . فى اللغة الفرنسية.
- ١٣- العلوم فى عصر الثورة الفرنسية، بحوث تاريخية، أعمال فريق من الباحثين، تحرير رشدى راشد، باريس، بلونشار، ١٩٨٨ . فى اللغة الفرنسية.

- ١٤- الرياضيات والفلسفة من العصر القديم إلى القرن السابع عشر، دراسات مهداه إلى الفيلسوف الفرنسي المعاصر جول فيلمان، تحرير رشدى راشد، باريس، دار نشر المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي بباريس، ١٩٩١ . فى اللغة الفرنسية.
- ١٥- علم الضوء والرياضيات، بحوث فى تاريخ الفكر العلمى فى اللغة العربية، إعادة طبع منوع، آدرشوت، ١٩٩٢ . فى اللغة الفرنسية والإنجليزية.
- ١٦- الهندسة وعلم الضوء فى القرن العاشر، ابن سهل والقوهى وابن الهيثم، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٩٣، ٧٠٥ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية بمعرفة د. شكر الله الشالوحي، ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب، ٣، بيروت-لبنان ، أغسطس ١٩٩٦ .
- ١٧- الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر، المجلد٢، ابن الهيثم، لندن، مؤسسة الفرقان البريطانية للتراث الإسلامى، ١٩٩٣ . فى اللغة الفرنسية.
- ١٨- الرياضيات التحليلية من القرن التاسع إلى القرن الحادى عشر، المجلد١، المؤسسون والشرّاح، بنوموسى وثابت بن قرة وابن سنان وابن الخازن والقوهى والسجزى وأبو الجود، لندن، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، ١٩٩٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ١٩- الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد ١، البصريّات وعلم الضوء للكندي، ليدن، ا.ج. إيريل، ١٩٩٦ (فى اللغة الفرنسية).
- ٢٠- ديكارت والعصر الوسيط، تحرير جوال بيار ورشدى راشد، باريس، جون فران، ١٩٩٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٢١- موسوعة تاريخ العلم العربى (رئيس التحرير رشدى راشد)، لندن ونيويورك، روتلج، ١٩٩٦، ثلاثة أجزاء، (فى اللغة الإنجليزية) :
- ١- ت ج ١ : علم الفلك النظرى والعملى.
- ٢- ت ج ٢ : الرياضيات وعلوم الفيزياء.
- ٣- ت ج ٣ : التكنولوجيا والسيمااء وعلوم الحياة.

ب- المؤلفات المترجمة

- ١- الترجمة الفرنسية : تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، باريس، دار لوسوى للنشر، ١٩٩٧ .
- ٢- الترجمة العربية : موسوعة تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، بيروت، دار مركز دراسات الوحدة العربية للنشر، ١٩٩٧ .
- ٣- الترجمة الفارسية : موسوعة تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، طهران.
- ٤- الترجمة البولندية : موسوعة تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، بولندا.
- ٥- الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، لينن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، في اللغة الفرنسية.
- ٦- "بيار فرما، نظرية الأعداد"، نصوص ترجمها بول تانرى وقدم لها وشرح عليها رشدى راشد وش. هزيل وج. كريستول، باريس، بلونشار، ١٩٩٩ . في اللغة الفرنسية.
- ٧- نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩ (فى اللغة الفرنسية).
- ٨- الخيام رياضيا، بالاشتراك مع ب. فها بزاده، باريس، مكتبة بلونشار، ١٩٩٩ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإنجليزية تحت العنوان نفسه : الخيام رياضيا، نيويورك، ٢٠٠٠، من دون إعادة طبع المخطوطات العربية المطبوعة في النسخة الفرنسية الأصلية.
- ٩- علماء الضوء اليونان، ج١، المرايا المحرقة، نشر وترجمة ودراسة، سلسلة جامعات فرنسا، إشراف جمعية جيبوم بوديه، باريس، دار الآداب الرفيعة للنشر، ٢٠٠٠ . في اللغة الفرنسية.
- ١٠- إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة في القرن العاشر، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، لينن، أ.ج.بريل، ٢٠٠٠ . في اللغة الفرنسية.
- ١١- الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر، المجلد الثالث : ابن الهيثم، القُطوع المخروطية، العمليات الهندسية، والهندسة العملية، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٠٠٠ . في اللغة الفرنسية.
- ١٢- الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر، المجلد الرابع، ابن الهيثم، التحويلات والمناهج الهندسية وفلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٠٠٢ . في اللغة الفرنسية.
- ١٣- ديوفنطس الاسكندراني، "صناعة الجبر"، ترجمة قُسطا بن لوقا، تحقيق وتقديم رشدى راشد، التراث العلمي؛ ١ ، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥ .
- ١٤- السموأل ، "الباهر فى الجبر"، تعليقات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدى راشد، سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠، دمشق، جامعة دمشق، ١٩٧٣ .

ج- الدراسات والمقالات

- ١- بحث "فى الضوء عند ابن الهيثم"، مجلة تاريخ العلوم، ٢١، ١٩٦٨، ص ١٩٧-٢٢٤ (فى اللغة الفرنسية).
- ٢- "البصريّات الهندسيّة والنظريّة البصريّة عند ابن الهيثم"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقّة، ٤، ١٩٧٠، ص ٢٧١-٢٩٨ (فى اللغة الإنجليزيّة).
- ٣- "نموذج الكرة الشفافة وتفسير قوس قزح : ابن الهيثم والفارسي"، مجلة تاريخ العلوم، ٢٣، ١٩٧٠، ص ١٠٩-١٤٠ (فى اللغة الفرنسيّة).
- ٤- "تطبيق رياضيات الاحتمال فى العلم الاجتماعي"، أعمال المؤتمر الثّاني عشر لتاريخ العلوم، ج٩، باريس، بلونشار، ١٩٧١، ص ٥٥-٥٩ . فى اللغة الفرنسيّة.
- ٥- "تعبيرات الإسلام-العلوم فى العالم الإسلامى"، (تحرير رشدى راشد مع الأب الراحل الأستاذ الدكتور جورج شحاته قنواتى وأ.و)، الموسوعة الفرنسيّة، باريس، ١٩٧١؛ ١٩٨٤، ص ٢٤٥-٢٥٥ . فى اللغة الفرنسيّة.
- ٦- "تربيض العقائد غير الشكليّة فى العلم الاجتماعي"، "تربيض العقائد غير الشكليّة"، تحرير جورج كونجبلاد، باريس، هرمان، ١٩٧٢، ص ٧٣-١٠٥ . فى اللغة الفرنسيّة.
- ٧- "الأيدولوجيا والرياضيات : مثال الانتخاب فى القرن الثامن عشر"، وحدة إصدارات كلية الفنون والعلوم، مونتريال، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسيّة)
- ٨- "الاستقراء الرياضى : الكَرَجى والسّمؤال"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقّة، ٩، ١٩٧٢، ص ١-٢١ (فى اللغة الفرنسيّة)
- ٩- "الحداثة والتراث"، مجلة الكاتب، ١٩٧٢، ص ٣٥-٤٧ .
- ١٠- الفارسي، قاموس السير العلميّة، ج٧، نيويورك : سكبنر، ص ٢١٢-٢١٩ . فى اللغة الفرنسيّة.
- ١١- "الجبر وعلم اللغة : التحليل التوافيقى فى العلم العربي"، ر. كوهين (تحرير)، دراسات بوسطون فى فلسفة العلوم، رايدل: بوسطون، ١٩٧٣، ص ٣٨٣-٣٩٩ . فى اللغة الفرنسيّة.
- ١٢- "الكَرَجى"، قاموس السير العلميّة، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢٤٠-٢٤٦ (فى اللغة الفرنسيّة)
- ١٣- "إبراهيم ابن سنان"، قاموس السير العلميّة، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢-٣ (فى اللغة الفرنسيّة)
- ١٥- "حسّنة الجبر فى القرن الثّانى عشر"، أعمال المؤتمر الثّالث عشر لتاريخ العلوم، موسكو، ١٩٧٤، ص ٣-٣٠ (فى اللغة الفرنسيّة)
- ١٦- "حل المعادلات العدديّة والجبر، شرف الدين الطوسي، فييت"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقّة، ١٢، ٣، ١٩٧٤، ص ٢٤٤-٢٩٠ (فى اللغة الإنجليزيّة)
- ١٧- الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٧؛٢، ١٩٧٤، ص ٩٧-١٢٢ (فى اللغة الفرنسيّة)

- ١٨- الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٨:٢، ١٩٧٥، ص ٣-٣٠ (فى اللغة الفرنسية)
- ١٩- العودة إلى بداية الجبر فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر، ج.موردوخ وأ.د. سيللا (تحرير)، السياق الثقافى للدرس الوسيط، دوردرشت : رايدل، ١٩٧٥، ص ٣٣-٦٠ (فى اللغة الإنجليزية)
- ٢٠- "كوندورسيه"، الموسوعة العلمية والتكنولوجية (آرنولدوموندلوري، ١٩٧٥ . فى الأصل فى اللغة الإيطالية ثم تمت الترجمة الفرنسية فى كتاب "من الثورة إلى الثورة"، قطاع خاص، ١٦، ١٩٨٦، ص ٣٤-٣٦
- ٢١- "البيروني، عالما فى الجبر"، المجلد التذكارى للمؤتمر الدولى عن البيرونى فى طهران، طهران، ١٩٧٦، ص ٦٣-٧٤ .
- ٢٢- "الكسور العشرية، السموأل والكاشي"، أعمال المؤتمر الأول لتاريخ العلوم العربية، حلب، ١٩٧٦، ص ١٦٩-١٨٦ .
- ٢٣- "تصور اللامتناهى فى عصر الرازي"، أعمال مؤتمر الرازي، القاهرة، ١٩٧٧ .
- ٢٤- "الضوء والرؤية : تطبيق الرياضيات فى مناظر ابن الهيثم"، رومير وسرعة الضوء"، الناشر ر. تاتون، باريس، فران، ١٩٧٨، ص ١٩-٤٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٢٥- حول نشر نص ديوقليس حول المرايا المقعرة، مجلة الأرشيف الدولى لتاريخ العلوم، ٢٨، ١٩٧٨، ص ٣٢٩-٣٣٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٢٦- استخراج الجذر النونى وابتكار الكسور العشرية، أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ٣:١٨، ١٩٧٨، ص ١٩٢-٢٤٣ . فى اللغة الفرنسية.
- ٢٧- مسألة شرف الدين الطوسى الحسابية-الهندسية، مجلة تاريخ العلوم العربية، ٢٠٢، ١٩٧٨، ص ٢٣٣-٢٥٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٢٨- تصور العلم الغربى، الآثار الإنسانية للتقدم العلمى، الناشر أ.ج. فورب، ادنبورج، ١٩٧٨، ص ٤٥-٥٤ . وقد كتبه رشدى راشد فى الأصل فى اللغة الفرنسية ثم تمت الترجمة الإنجليزية تحت عنوان العلم بوصفه ظاهرة غربية، العلوم الأساسية، ١، ١٩٨٠، ص ٧-٢١ . ثم تمت الترجمة العربية فى مجلة المستقبل العربى، ٤٧، ١٩٨٣، ص ٤-١٩ .
- ٢٩- "التحليل الديوفنطى فى القرن العاشر، مثال الخازن"، مجلة تاريخ العلوم، ٣٢، ١٩٧٩، ص ١٩٣-٢٢٢ . فى اللغة الفرنسية.
- ٣٠- عمل المسبح المنتظم عند ابن الهيثم، مجلة تاريخ العلم العربى، ٣، ١٩٧٩، ص ٣٠٩-٣٨٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٣١- "الكندى"، تأليف مشترك، الموسوعة الإسلامية، ليدن، ١٩٧٩، ص ١٢٣-١٢٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٣٢- "ابن الهيثم ونظرية ولسون"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ٢٢:٤، ١٩٨٠، ص ٣٠٥-٣٢١ . فى اللغة الفرنسية.
- ٣٣- "الكندى"، تأليف مشترك، قاموس السير العلمية، ج١٥، نيويورك، سكريبينز، ١٩٨٠، ص ٢٦٠-٢٦٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٣٤- "تعليقات حول تاريخ التحليل الديوفنطسي"، مؤتمر الجبر والهندسة، الكويت، ١٩٨١، ص ١٠٢-١٠٣

- ٣٥- "تعليقات حول تاريخ نظرية الأعداد في الرياضيات العربية"، أعمال المؤتمر الدولي السادس عشر للعلم، لقاءات حول مدارات متخصصة، بوخارست، ١٩٨١. في اللغة الفرنسية.
- ٣٦- "الإسلام وتطور العلوم الدقيقة"، الإسلام والفلسفة والعلم"، تأليف مشترك، باريس، منظمة اليونسكو، ١٩٨١. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى الإنجليزية والأسبانية والعربية.
- ٣٧- أدوات لتاريخ الأعداد المتحابية والتحليل التوافيقي، مجلة تاريخ العلم العربي، ٦، ١٩٨٢، ص ٢٠٩-٢٧٨. في اللغة الفرنسية.
- ٣٨- ابن الهيثم وقياس المجسم المكافئ، مجلة تاريخ العلم العربي، ٥، ١٩٨٢، ص ١٩١-٢٦٢. في اللغة الفرنسية.
- ٣٩- "فكرة الجبر عند الخوارزمي"، مجلة العلوم الأساسية، ٤، ١٩٨٣، ص ٨٧-١٠٠. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الروسية في "الخوارزمي"، ١٢٠٠، موسكو، ١٩٨٣، ص ٨٥-١٠٨؛ ثم إلى العربية في مجلة المستقبل العربي، ١٩٨٤؛ تمت الترجمة إلى اللغة الإنجليزية في كتاب : ج. ن. عطية (تحرير) ، الحضارة العربية، التحديات والاستجابات، أ.م.أوفايث، مطبوعات جامعة نيويورك الرسمية، ١٩٨٨، ص ٩٨-١١١.
- ٤٠- الأعداد المتحابية والقواسم التامة والأعداد الهندسية في القرن الثالث عشر والقرن الرابع عشر، مجلة "أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة"، ٢٨، ١٩٨٣، ص ١٠٧-١٤٧. في اللغة الفرنسية.
- ٤١- "الممارسات الثقافية ونشأة المعارف العلمية"، مجلة المستقبل العربي، ٦٨، ١٩٨٤، ص ٢٤-٢٩. تمت الترجمة إلى اللغة الإنجليزية في لقاء اليونسكو للمتخصصين في الدراسات الفلسفية المقارنة حول التغيرات في العلاقة بين العلم والمجتمع، نيودلهي، ١٩٨٦، ص ٢٣-٣١.
- ١- ٤١-"ديوفنتس الاسكندراني"، الموسوعة الفرنسية، ١٩٨٥، ص ٢٣٥-٢٣٨. في اللغة الفرنسية.
- ٤٢- تاريخ العلوم والتحديث العلمى في البلاد العربية، مشكلات التنمية العلمية في البلاد العربية، بيروت، المستقبل العربي، ١٩٨٥، ص ١٤٧-١٦٤.
- ٤٣- السجزي وابن ميمون، شرح رياضى وفلسفى على القضية رقم ٢-١٤ من كتاب المخروطات، لأبولونيوس، الأرشيف الدولى لتاريخ العلوم، الرقم ١١٩، ج٣٧، ١٩٨٧، ص ٢٦٣-٢٩٦. الترجمة الإنجليزية : القابلية للتصور والتخيل والبرهان فى القياس البرهاني، السجزي وابن ميمون فى القضية رقم ٢-١٤ لأبولونيوس، أقسام المخروطات، العلوم الأساسية، المجلد الثامن، رقم ٣ / ٤، ١٩٨٧، ص ٢٤١-٢٥٦. والبحث نفسه فى ميمون والعلوم، لناشريه ر. س. كوهين وه. ليفين، الناشر الأكاديمي-كوبر، ٢٠٠٠، ص ١٥٩-١٧٢.
- ٤٤- تقسيم تاريخ الرياضيات الكلاسيكية، مجلة *Synthese*، الفصل الرابع، رقم ٣-٤، ١٩٨٧، ص ٣٤٩-٣٦٠. في اللغة الفرنسية.
- ٤٥- لاجرونج، مؤرخا لديوفنتس، حول الثورة الفرنسية، بحوث تاريخية، العلوم فى عصر الثورة الفرنسية، بحوث تاريخية، أعمال فريق البحث المتخصص *REHSEIS*، وقد نشره رشدى راشد بالتنسيق مع المركز الوطنى الفرنسى للآداب، باريس، دار نشر بلونشار، ١٩٨٨، ص ٣٩-٨٧. في اللغة الفرنسية.

- ٤٦- ابن الهيثم والأعداد الثمانية، تاريخ الرياضيات، ١٦، ١٩٨٩، ص ٣٤٣-٣٥٢ . فى اللغة الفرنسية.
- ٤٧- مشكلات نقل الفكر العلمى اليونانى إلى الفكر العلمى العربى : أمثلة من الرياضيات وعلم الضوء، تاريخ العلم، ٢٧، ١٩٨٩، ص ١٩٩-٢٠٩ . فى اللغة الفرنسية.
- ٤٨- نقول وبدايات جديدة، مثال علم الضوء، فضاءات ومجتمعات العالم العربى، المكتبة الفرنسية، الرقم ١٢٣، ١٩٨٩، ص ٢٢-٢٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٤٩- ابن سهل، حول المرايا المحرقة والعدسات، إيزيس، ١٩٩٠، ٨١، ص ٤٦٤-٤٩١ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥٠- السموأل، البيرونى وبراهاماجويتا، مناهج الاستكمال، مجلة العلوم العربية والفلسفة، المجلة التاريخية، ١، ١٩٩١، ص ١٠٠-١٦٠ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥١- التحليل والتركيب عند ابن الهيثم، الرياضيات والفلسفة من العصر القديم إلى القرن السابع عشر، دراسات مهداة لجول فيلمان، نشرها رشدى راشد، باريس دار نشر المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى بباريس، ١٩٩١، ص ١٣١-١٦٢ . الترجمة الإنجليزية : س.س. جولد ورس. كوهين (ناشران)، التمثيلات والممارسة الاجتماعية، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٤، ص ١٢١-١٤٠ .
- ٥٢- العلم الكلاسيكى والعلم الحديث فى عصر انتشار العلم الأوروبى، ب.بوتيجان وس. يامى وأ.م.مولان (الناشرون)، العلم والإمبراطوريات، دراسات بوسطون فى فلسفة العلم، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٢، ص ١٩-٣٠ . الترجمة البرتغالية : أ. جاريبالدى (تحرير)، المباديء، رقم ٢٧، ساوباولو، ص ٣٩-٤٧ .
- ٥٣- "الفلسفة الرياضية لابن الهيثم"، المجلد الأول، التحليل والتركيب، مجلة منوعات المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية بالقاهرة، العدد ٢٠، ١٩٩١، ص ٣١-٢٣١ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥٤- آرشميدس والرياضيات العربية، آرشميدس، أسطورة العلم الكلاسيكي، إشراف كورادودوللو، فيرينسيه، ١٩٩٢، ص ٤٣-٦١ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥٥- الرياضيات الكلاسيكية فى البلاد الإسلامية فى القرن التاسع عشر : مثال إيران، أ. اهسانوجلو، ناشر، نقل العلم الحديث والتكنولوجيا إلى العالم الإسلامى، اسطنبول، ١٩٩٢، ص ٣٩٣-٤٠٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥٦- "الكندى، "حول الوهم القمرى"، جولييه ومادك وأوبريان (تحرير)، الباحثون عن الحكمة، فى ذكرى جون بيبان، سلسلة الدراسات الأغسطينية، سلسلة العصر القديم، ١٣١، باريس، معهد الدراسات الأغسطينية، ١٩٩٢، ص ٥٣٣-٥٥٩ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥٧- المترجمون، بالرمو ١٠٧٠-١٤٩٢ تعدد الشعوب، الأمة المتمردة، النهضة العنيفة للهوية، الصقلية، بنحو آخر، ١٩٩٣، ص ١١٠-١١٩ . فى اللغة الفرنسية.
- ٥٨- من قسطنطينية إلى بغداد، أنتيمس التالى والكندى، أعمال مؤتمر من بيزنطة إلى الإسلام، ليون، ١٩٩٠، دمشق، ١٩٩٢، ص ١٦٥-١٧٠ .
- ٥٩- شرح الكندى على آرشميدس، قياس الدائرة، العلوم العربية والفلسفة، ج٣، ١٩٩٣، ص ٧-٥٣ . فى اللغة الفرنسية.

- ٦٠- الفلسفة الرياضية عند ابن الهيثم، المجلد الثاني، مجلة منوعات المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية، القاهرة، العدد ٢١، ١٩٩٣، ص ٨٧-٢٧٥ . فى اللغة الفرنسية.
- ١- ٦١-الاحتمال الشرطى والعلىة، مسألة فى تطبيق الرياضيات، ج. بروسى وأ. شفارتز (تحرير)، المعرفة الفلسفية، محاولات حول عمل جيل جاستون جرونجه، باريس، دار المطبوعات الجامعية الفرنسية، ١٩٩٤، ص ٢٧١-٢٩٣ . فى اللغة الفرنسية.
- ٦١- الرياضيات الهندية فى اللغة العربية، ش. ساساكي، ج. ف. داوين، م.سوجييرا (تحرير)، التقاطعات بين التاريخ والرياضيات، بازل، بوسطن، برلين، دار بركهويسر، ١٩٩٤، ص ١٤٣-١٤٨ فى اللغة الفرنسية.
- ٦٢- تعليقات حول الصيغة العربية للكتب الثلاثة الأولى من علوم العدد لديوفنطس وحول المسألة، ١٣٩؛، تاريخ العلم، ٤-١، ١٩٩٤، ص ٣٩-٤٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٦٣- فيبوناتشى والرياضيات العربية، مكروولوجوس، ٢، ١٩٩٤، ص ١٤٥-١٦٠ . الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإيطالية : فديكووالعلم، بلرمو، ١٩٩٤، ص ٣٢٤-٣٣٧ .
- ٦٤- البحث فى الرياضيات العربية، دائرة المعارف الإسلامية، بريل، ١٩٩٤، ص ٥٦٧-٥٨٠ . الترجمة الإنجليزية : الموسوعة الإسلامية، بريل، ١٩٩٤ . فى اللغة الفرنسية.
- ٦٥- اليزدي، تاريخ العلم، ج ٤-٣، ١٩٩٤، ص ٧٩-١٠١ . فى اللغة الفرنسية.
- ٦٦- ابن سهل وابن القوهي، مبحث انكسار النور ومناهج الإسقاط فى القرن العاشر، س.جارنا ود. فلامان وف. نافارو(تحرير)، *contra los titanos de la rutina*، مدريد، 1994 *csic*، ص ٩-١٨
- ٦٧- بحوث منشورة فى اللغة التركية، الموسوعة الإسلامية، اسطنبول، ١٩٩٤، الرياضيات، ثابت بن قره، إبراهيم بن سنان.
- ٦٨- البحث العلمى والتحديث فى مصر، مثال على مصطفى مشرفة (١٨٩٨-١٩٥٠)، دراسة نموذج مثالي، بين الإصلاح الاجتماعى والحركة الوطنية، الهوية والتحديث فى مصر (١٨٨٢-١٩٦٢)، إشراف أ.روسيون، *cedej*، القاهرة، ١٩٩٥ . الترجمة العربية : ص ٢١٩-٢٣٢ .
- ٦٩- المخروطات والمرابا المحرقة، مثال على تطبيق الرياضيات القديمة والكلاسيكية، ك. جفولوجو وآخرون، الفيزياء والفلسفة والجماعة العلمية، ١٩٩٥، دار كلوير الأكاديمية، ص ٣٥٧-٣٧٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٧٠- الحدائى الكلاسيكية والعلم العربى، س. جولدشتاين وج. ريتز (تحرير)، الرياضيات فى أوروبا، 1996 *MSH*، ص ٦٨-٨١ . الترجمة البرتغالية: أ. م. ألفونسو-جولدفارد وس.أ.مايا (تحرير)، تاريخ العلم : *o mapa do conhecimento*، ساوباولو، ١٩٩٦، ص ٢٧-٣٩
- ٧١- بداية الرياضيات الأرشميدسية فى اللغة العربية، بنوموسى، آفاق وسيطية عربية ولاتينية حول التراث العلمى والفلسفى اليونانى، أعمال مؤتمر *SIHSPAI*، باريس، لوفان، ١٩٩٦، ص ١-١٩ . الترجمة اليونانية منشورة فى مجلة *NEUSIS 1995*، ص ١٣٣-١٥٤ . الترجمة الإنجليزية، الدرس الأرخميدى فى العصور الوسطى، بنوموسى، تاريخ العلم، ٦-١، ١٩٩٦، ص ١-١٦

- ٧٢- بحث عن ابن قرة، معجم العصور الوسطي، ميونخ، ألمانيا، ١٩٩٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٧٣- بحوث منشورة فى موسوعة تاريخ العلم العربى (تحرير)، لندن، مارس ١٩٩٦، روتليج، ثلاثة أجزاء :
- الجبر، ص ٣٤٩-٣٧٥؛
 - التحليل التوافيقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسي، النظرية العددية، ص ٣٧٦-٤١٧؛
 - المحددات اللامتناهية، ص ٤١٨-٤٤٦؛
 - علم الضوء الهندسي، ص ٦٤٣-٦٧١؛
- ٧٤- بحوث عن ابن سهل وابن سنان وابن الهيثم والعلم بوصفه ظاهرة غريبة (تنقيح، وترجمة جديدة)، منشورة فى هيلين سليم (تحرير)، موسوعة تاريخ العلم والتكنولوجيا والطب فى الثقافات غير الأوروبية، دوردشت، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٧
- ٧٥- شرح الكندى على مناظر أقليدس، رسالة مجهولة، العلوم العربية والفلسفة، ٧:١، ١٩٩٧، ص ٩-٥٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٧٦- "هندسة ديكارت والفرق بين المنحنيات الهندسية والمنحنيات الآلية"، جوال بيبير ورشدى راشد (تحرير)، ديكارت والعصر الوسيط، دراسات الفلسفة الوسيطة ، باريس، فران، ١٩٩٧، ص ١-٢٢ . فى اللغة الفرنسية.
- ٧٧- المخروطات والمرايا المحرقة، مثال على تطبيق الرياضيات القديمة والكلاسيكية، اللغات والفلسفة، فى ذكرى جون جوليفيه، دراسات فى الفلسفة الوسيطة ، باريس، فران، ١٩٩٧، ص ١٥-٣٠ . فى اللغة الفرنسية.
- ٧٨- ديوقليس وترومس، رسالتان حول المرايا المحرقة، مجلة المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية فى القاهرة، العدد ٢٣، دار نشر بيترس، لوفان، باريس، ١٩٩٧، ص ١-١٥٥ . فى اللغة الفرنسية.
- ٧٩- تاريخ العلوم بين نظرية العلم والتاريخ، مجلة تاريخ العلم، ٧٠١، ١٩٩٧، ص ١-١٠؛ الترجمة اليابانية من الأصل فى اللغة الفرنسية ، مجلة الجمعية اليابانية لتاريخ العلوم، ج٤١، رقم ٧، يوليو ١٩٩٩، ص ٢٥-٣٧
- ٨٠- من هندسة البصر الى رياضيات الظواهر المضئية، نص فى اللغة الفارسية، تاريخ العلوم فى دار الإسلام، ج٤، رقم ٣-٤، ١٩٩٦، ٧، ص ٢٥-٣٤ .
- ٨١- الرياضيات والعلوم الأخرى، قاموس الإسلام والدين والحضارة، الموسوعة الفرنسية، باريس، ١٩٩٧، ص ٥٣٧-٥٦١ . فى اللغة الفرنسية.
- ٨٢- بحوث منشورة فى اللغة اليابانية، المجلة اليابانية لتاريخ العلم، الرياضيات العربية، العلم العربى، طوكيو، ١٩٩٨ .
- ٨٣- حول تاريخ العلوم العربية، مجلة المستقبل العربى، العدد ٢٣١، مايو ١٩٩٨، ص ١٩-٢٩ .
- ٨٤- العلوم العربية بين نظرية المعرفة والتاريخ، نشرة الدراسات الشرقية، ج1998 L، دمشق، سوريا، ص ٢٢٣-٢٣٢

- ٨٥- القوهى ضد أرسطو، حول الحركة، مجلة العلوم العربية والفلسفية (فى اللغة الإنجليزية)، ٩٤١، ١٩٩٩، ص ٧-٢٤؛ الترجمة الفرنسية فى الشرق والغرب، العلوم والرياضيات والفلسفة من العصر القديم الى القرن السابع عشر، ٢، ١٩٩٨، ص ٩٥-١١٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٨٦- نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، ١٩٩٨، ص ١٢١-١٣٨
- ٨٧- التوافقية والميتافيزيقا، ابن سينا والطوسى والحلبى، نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدى راشد وجوال بيبار (تحرير)، لوفان، دار بيترس للنشر، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٦ . الترجمة الألمانية فى روديجر ثيله (تحرير)، الرياضيات، فى الذكرى السبعين لميلاد ماتيئاس شرام، برلين، ديبهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤
- ٨٨- حول عمل القطع المكافئ للمرايا عند أبى الوفا البوزجائى (مع أتونويجاور)، العلوم العربية والفلسفة، ٩٤٢، ١٩٩٩، ص ٢٦١-٢٧٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٨٩- ابن الهيثم، رياضيا من العصر الفاطمي، مصر الفاطمية، فنها وتاريخها، أعمال مؤتمر باريس، الأيام ٢٨ و ٢٩ و ٣٠ مايو ١٩٩٨، إشراف ماريان باروكون، باريس، مطبوعات جامعة باريس-السوربون، ١٩٩٩، ص ٥٢٧-٥٣٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩٠- التراث الفكرى وتراث النص، مخطوطات العلم العربى، تحقيق مخطوطات العلوم فى التراث الإسلامى، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٨، لندن، ١٩٩٨، ص ٢٩-٧٦؛ النسخة الإنجليزية : التراث الفكرى ونصوص التراث، المخطوطات العربية فى العلم، ي.ابش (تحرير)، نشر المخطوطات الإسلامية فى العلم، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى، لندن، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٧، لندن، الفرقان، ١٩٩٩، ص ١٥-٥١ .
- ٩١- بيار فرما والبدايات الحديثة للتحليل الديوفنطسي، تاريخ العلم، ج٩-١، ١٩٩٩، ص ٣-١٦ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩٢- من هندسة البصر الى رياضيات الظواهر المضبنة، فى كتاب : ج. فسكوفيني، الفلسفة بين العلم الكلاسيكى العربى-اللاتينى الوسيط والعصر الحديث، الاتحاد الدولى لمعاهد الدراسات الوسيطة ، نصوص ودراسات العصر الوسيط، ١١، لوفان-لا-نوف، ١٩٩٩، ص ٤٣-٥٩ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩٣- التحليل الديوفنطى، التحليل والتركيب، تساوى المحيط، قاموس تاريخ العلوم وفلسفتها، تحرير د.دلكور، باريس، دار المطبوعات الجامعية الفرنسية، على التوالى ص٤٥-٤٧؛ ص ٤٧-٤٩؛ ص ٥٥٠-٥٥٢ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩٤- الكشف عن الحداثة الكلاسيكية العلمية، المجلة اللاتينية-الأمريكية لتاريخ العلم والتكنولوجيا، ج١٢، رقم ٢، مايو-أغسطس ١٩٩٩، ص ١٣٥-١٤٧ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩٥- ابن سهل وابن القوهى، الإسقاط، إضافات وتعديلات، العلوم العربية والفلسفة، ج١-١٠، ٢٠٠٠، ص ٧٩-١٠٠ . فى اللغة الفرنسية.
- ٩٦- ثابت بن قرة، الموسوعة الإسلامية، ص ٤٥٩-٤٦٠ . فى اللغة الفرنسية.

٩٧- علم الفلك والرياضيات القديمة والكلاسيكية، نظريات المعرفة، المجلة الدولية، باريس-ساوباولو، علم الكون والفلسفة،
فى ذكرى مؤرخ تاريخ العلوم الفرنسى الراحل جاك مرلوبونتي، ج ١ (٢-١)، يناير-يونيو ٢٠٠٠، ص ٨٩-١٠٠ . فى
اللغة الفرنسية.

بيبلوغرافيا

العلوم وتاريخ العلوم بعامة، والرياضيات فى
الحضارة العربية بخاصة

المراجع العربية الحديثة فى تاريخ العلوم العربية

١- د. على مصطفى مشرفة، العلم والحياة، القاهرة، دار المعارف، ١٩٤٥

٢- د. على مصطفى مشرفة، نحن والعلم، القاهرة، مكتبة الجيل الجديد، سلسلة العلوم المبسطة، الكتاب، جماعة النشر العلمي، مارس ١٩٤٥؛ وترجمة د. على مصطفى مشرفة، كتاب : جيمس جينز عن الكون الغامض، إدارة الثقافة، القاهرة؛ وألف "النظرية النسبية الخاصة"، لجنة التأليف والترجمة، القاهرة، ١٩٤٥ .

٣- د. مصطفى نظيف، "الحسن بن الهيثم، بحوثه وكشوفه فى الضوء"، ج١، ج٢؛ "كمال الدين الفارسي"، مجلة تاريخ العلوم المصرية، العدد ٢، عدد خاص عن تاريخ العلوم يشمل المحاضرات التذكارية لابن الهيثم وتاريخ حياة بعض العلماء والمعاصرين.

٤- زهير حميدان، "أعلام الحضارة العربية الإسلامية فى العلوم الأساسية والتطبيقية فى العهد العثماني.

٥- محاضرات ابن الهيثم التذكارية لمصطفى نظيف، عبد الحميد حمدي، قدرى حافظ طوقان، أحمد مختار صبري

٦- د. يمنى طريف الخولي، بحوث فى تاريخ العلوم عند العرب، القاهرة، دار الثقافة، ١٩٩٨ .

٧- تهيئة الإنسان العربى للعطاء العلمى، بحوث ومناقشات الندوة الفكرية التى نظمها مركز دراسات الوحدة العربية بالتعاون مع مؤسسة عبد الحميد شومان، بيروت، ط١، ١٩٨٥ .

٨- على أدهم، بعض مؤرخى الإسلام، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، سلسلة الثقافة العامة، من دون تاريخ.

٩- د. أحمد سليم سعيدان، مقدمة لتاريخ الفكر العلمى فى الإسلام، الكويت، عالم المعرفة، ١٩٨٨

١٠- عمر فروخ، عبقرية العرب فى العلم والفلسفة، منشورات المكتبة العصرية، صيدا، بيروت، ط٣، ١٩٦٩

١١- د. عبد الرحمن بدوي، دراسات ونصوص فى الفلسفة والعلوم عند العرب، بيروت، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط١، ١٩٨١

١٢- د. عبد الرحمن بدوي، دور العرب فى تكوين الفكر الأوروبى، بيروت، دار الآداب، ط١، ١٩٦٥

١٣- أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوروبية، أعدت هذه الدراسة بإشراف مركز تبادل القيم الثقافية بالتعاون مع منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (يونسكو)، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٠

١٤- على سامى النشار، مناهج البحث عند مفكرى الإسلام، دار المعارف، الإسكندرية، ١٩٦٥

١٥- د. رشيد الجميلي، حركة الترجمة فى المشرق الإسلامى فى القرنين الثالث والرابع للهجرة، بغداد-العراق، دار الشؤون الثقافية العامة، ١٩٨٦

١٦- قدرى حافظ طوقان، العلوم عند العرب، القاهرة، دار مصر للطباعة، ١٩٤١م، تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك، بيروت : دار الشروق، ١٩٤١م.

- ١٧- د. ناجي معروف، عروبة العلماء المنسوبين إلى البلدان الاعجمية في المشرق الإسلامي، ج١، بغداد-العراق، منشورات وزارة الإعلام، ١٩٧٤
- ١٨- محمود عزمي، كيف آمنت بالعلم وحده، في مجلة "المجلة الجديدة"، ديسمبر ١٩٢٩
- ١٩- حديث مع الدكتور مشرفة، البحث العلمي، مجلة "المجلة الجديدة"، عدد مارس ١٩٣١
- ٢٠- الأب الدكتور جورج شحاته قنواي، المسيحية والحضارة العربية، بيروت، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، من دون تاريخ
- ٢١- د. جورج قرم، معضلات البحث العلمي في العلوم الاجتماعية والاقتصادية، في مجلة "الفكر العربي المعاصر، العدد الأول، مايو ١٩٨٠ .
- ٢٢- شيبث نعمان، العمل العلمي ومؤسساته في البلاد المبتدئة، وزارة الثقافة والفنون، العراق، ١٩٧٨ .
- ٢٣- د. محمد عبد الرحمن مرحبا، الجامع في تاريخ العلوم عند العرب، بيروت-لبنان، منشورات عويدات، طبعة مزيدة ومنقحة، ط٢، ١٩٨٨، الرياضيات (ص ٧٥-٧٧ وص ١١٣-١٢٩) ، وعلم الحساب (ص ٣٧٥-٤٥٣).
- ٢٤- أعداد مجلة العلوم، مجلة شهرية للثقافة العلمية تصدر عن دار العلم للملايين، بيروت؛ وأعداد مجلة المورد، مجلة تراثية فصلية، وزارة الثقافة، بغداد-العراق؛ أعداد مجلة المستقبل العربي التي يصدرها مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان.
- ٢٥- أ. د. على اسحق عبد اللطيف، دراسة تحليلية وتحقيق، ابن الهيثم، عالم الهندسة الرياضية، منشورات الجامعة الأردنية-عمادة البحث العلمي، ٥ / ٩٢، الإشراف العام أ. د. همام بشارة غصيب، عميد البحث العلمي، التحرير إبراهيم محمود الحسنات، عمان-الأردن، ١٩٩٣م.
- ٢٦- عادل انبوبا، إحياء الجبر، درس لكتاب الخوارزمي في "الجبر والمقابلة"، منشورات الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية، بيروت، ١٩٥٥، وقد كان الحلقة الأولى من منشورات الجامعة اللبنانية، في قسم الدراسات الرياضية.
- ٢٧- أحمد تيمور باشا، أعلام المهندسين في الإسلام، القاهرة، مطابع الكتاب العربي، ١٣٧٦هـ / ١٩٥٧م.
- ٢٨- أحمد شوكت الشطي، مجموعة أبحاث عن تاريخ العلوم الرياضية في المجتمع العربي في الحضارة الإسلامية، دمشق : مطبعة جامعة دمشق، ١٣٨٤هـ / ١٩٦٤م.
- ٢٩- أحمد فؤاد باشا، أساسيات العلوم المعاصرة في التراث الإسلامي : دراسات تأصيلية، القاهرة : دار الهداية للطباعة والنشر والتوزيع، ١٤١٧هـ / ١٩٩٧م.
- ٣٠- أحمد فؤاد باشا، التراث العلمي للحضارة الإسلامية ومكانته في تاريخ العلم والحضارة، القاهرة : دار المعارف، ١٤٠٤هـ / ١٩٨٤.
- ٣١- أحمد محمد عوف، صناعات الحضارة العلمية في الإسلام، سلسلة العلم والحياة، رقم ٨٧ و ٨٨، القاهرة : الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٤١٧هـ / ١٩٩٧م.

- ٣٢- حربى عباس عطيتو محمود وحسان حلاق، العلوم عند العرب : أصولها وملامحها الحضارية، بيروت : دار النهضة العربية، ١٤١٥هـ / ١٩٩٥م.
- ٣٣- حكمت نجيب عبد الرحمن، دراسات فى تاريخ العلوم عند العرب، الموصل : جامعة الموصل، ١٣٩٧هـ / ١٩٧٧م.
- ٣٤- خضر أحمد عطا الله، بيت الحكمة فى عصر العباسيين، القاهرة : دار الفكر العربي، د.ت.
- ٣٥- عبد المنعم إبراهيم الدسوقي الجميبي، دراسات فى تاريخ العلم العربى الحديث والمعاصر، ١٩٩١م.
- ٣٦- عبد الحليم منتصر، تاريخ العلم ودور العلماء العرب فى تقدمه، القاهرة : دار المعارف، ط٥، ١٩٧٣م.
- ٣٧- أحمد يوسف الحسن، عماد غانم، محمد موفق غنام، مالك الملوحي، رياض سماني، أبحاث الندوة العالمية الأولى لتاريخ العلوم عند العرب"، المنعقدة بجامعة حلب من ٥-١٢ ربيع الثانى ١٣٩٦، الموافق ل ٥-١٢ نيسان (إبريل)، ١٩٧٦، الجزء الأول، الأبحاث باللغة العربية، معهد التراث العلمى العربى، جامعة حلب، ١٩٧٧ .
- ٣٨- عبد الله فياض، الإنجازات العلمية عند المسلمين، بغداد : مطبعة الإرشاد، ١٩٦٧م.
- ٣٩- على أحمد الشحات، أبو الريحان البيروني، القاهرة، دار المعارف، ١٩٦٨م.
- ٤٠- على عبد الله الدفاع، إسهام علماء العرب والمسلمين فى الرياضيات، بيروت : دار الشروق، ١٩٨١م.
- ٤١-٤١- على عبد الله الدفاع، روائع الحضارة العربية والإسلامية فى العلوم، الرياض : دار عالم الكتب للنشر والتوزيع، ١٤١١هـ / ١٩٩١م.
- ٤٢- عماد عبد السلام رؤوف، مدارس بغداد فى العصر العباسي، بغداد : دار البصري، ١٩٦٦م.
- ٤٣- عمر فروخ وآخرون، تاريخ العلوم عند العرب، بيروت : دار النهضة، ١٩٨٠م.
- ٤٤- فؤاد سيزكين، مكانة حنين فى تاريخ الترجمة من الإغريقى والسريانى إلى العربية، بغداد، ١٩٧٤ .
- ٤٥- محمد عطية الإبراشي، أعلام الثقافة العربية ونوابغ الفكر الإسلامى،
- ٤٦- موسى، جلال محمد، منهج البحث العلمى عند العرب، بيروت، ١٩٧٢ .

المراجع المترجمة الحديثة فى تاريخ العلوم العربية

١- برنال، جون ديزموند، "العلم فى التاريخ"، ج ١ : بزوغ العلم، ترجمة د. على على ناصف، ج ٢ : الثورتان العلمية والصناعية، ترجمة د. شكرى إبراهيم سعد، ج ٣ : العلوم الطبيعية فى عصرنا هذا، ترجمة د. على على ناصف، ج ٤ : العلوم الاجتماعية : خاتمة، ترجمة : فاروق عبد القادر، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨١ .

٢- ج. ج. كروثر، قصة العلم، ترجمة وتقديم ودراسة د. يمنى طريف الخولي، د. بدوى عبد الفتاح، القاهرة، المجلس الأعلى للثقافة، المشروع القومى للترجمة، ١٩٩٨ .

٣- ج. ج. كروثر، العلم وعلاقته بالمجتمع، ترجمة د. إبراهيم حلمى وأمين نكلا، القاهرة، لجنة القاهرة للتأليف والنشر، من دون تاريخ.

٤- ج. ج. كراوذر، صلة العلم بالمجتمع، ترجمة حسن خطاب ومراجعة د. محمد مرسى أحمد رئيس قسم الرياضيات بكلية العلوم بجامعة القاهرة، وزارة التربية والتعليم-قسم الترجمة-إدارة الثقافة العامة، القاهرة، مكتبة النهضة المصرية، من دون تاريخ.

٥- دين بيبونييه، الطرائق الموضوعية للتأريخ، منشورات المعهد الفرنسى للدراسات العربية بدمشق بسوريا

٦- أرنست رينان، محاورات رينان الفلسفية، ترجمة على أدهم، القاهرة، دار الكتب، ١٩٩٨ .

٧- د. محمد سويسى، (تأليف وترجمة) لغة الرياضيات فى العربية، تونس، المؤسسة الوطنية للترجمة والتحقيق والدراسات، بيت الحكمة، قرطاج، ١٩٨٩ .

٨- آدم منتز، الحضارة الإسلامية فى القرن الرابع الهجرى أو عصر النهضة فى الإسلام، ترجمة عبد الهادى أبو ريدة، القاهرة: مكتبة الخانجي، ١٣٨٧هـ / ١٩٦٧م.

٩- أحمد محمود الساداتى وأرمينيوس فامبري، تاريخ بخارى منذ أقدم العصور حتى الوقت الحاضر، ترجمة أحمد محمود الساداتى، القاهرة : مكتبة نهضة الشرق، ١٤٠٧هـ / ١٩٨٧م.

١٠- ريغريد هونكه، نقله عن الألمانية فاروق بيضون، كمال دسوقي، راجعه ووضع حواشيه مارون عيسى الخوري، "شمس العرب تسطع على الغرب"، أثر الحضارة العربية فى أوروبا، بيرة-لبنان، دار الآفاق الجديدة، ط٤، ١٩٨٠م.

١١- اينشتين وليمبولد اينله، تطور علم الطبيعة، ترجمة عبد المقصود النادى وآخرون، الأنجلو المصرية، القاهرة.

١٢- ميلي، ألدو، العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمى، ترجمة عبد الحليم النجار، القاهرة، ١٩٦٢ .

المصادر العربية القديمة فى تاريخ العلوم

- ١- التهانوى الهندي، (الشيخ) محمد على بن الشيخ على بن القاضى محمد حامد ابن محمد صابر الفاروقى التهانوى الهندى الحنفى،"كشاف اصطلاحات الفنون والعلوم"، حققه د. لطفى عبد البديع وترجم النصوص الفارسية د. عبد المنعم محمد حسنين، راجعه أمين الخولى، القاهرة، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، ١٩٦٣ . وهو معجم لغوى فنى فى اصطلاح الفنون والعلوم، وأكثر ما يحتاج به فى تحصيل العلوم العلوم إلى الدارسين هو"اشتباه الاصطلاح"، فإن لكل اصطلاحا خاصا به إذا لم يعلم بذلك لا يتييسر للدارس فيه الاهتداء إليه سبيلاً. فرغ من جمعه سنة ١١٥٨ ميلادية، ورتبه على فنين، فن فى الألفاظ العربية، وفن آخر فى الألفاظ الأعجمية.
- ٢- حاجى خليفة، (١٠٠٤-١٠٦٧)، مصطفى بن عبد الله كاتب جلى القسطنطيني، المشهور باسم حاجى خليفة أو الحاج خليفة، كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون، مؤسسة التاريخ العربي، دار إحياء التراث العربي، بيروت-لبنان، ١٩٤١ . (أنظر الفوائد البهية، ص ١٩ بالتعليقات)؛ البغدادي، إسماعيل باشا بن محمد أمين البغدادي، إيضاح المكنون فى الذيل على كشف الظنون، جزءان، عقب "كشف الظنون، طبع وزارة المعارف التركية، إستانبول، ١٩٤٥-١٩٤٧ .
- ٣- سر كس "يوسف"، يوسف بن اليان بن موسى سر كس الدمشقى (١٨٦٥م-)، معجم المطبوعات العربية والمعرية، وهو شامل لأسماء الكتب المطبوعة فى الأقطار الشرقية والغربية، مع ذكر أسماء مؤلفيها ولمعة من ترجمتهم وذلك من يوم ظهور الطباعة إلى نهاية ١٩١٩ ميلادية، مطبعة سر كس بمصر، ١٩٢٨م.
- ٤- ابن رجب الحنبلي، جامع العلوم والحكم، تحقيق طارق أحمد محمد، جزءان، دار الصحابة للتراث بطنطا، ١٩٩٤
- ٥- الخوارزمى ، أبو عبد الله محمد بن موسى، " كتاب الجبر والمقابلة"، تحقيق ونشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩
- ٦- الكاشى ، جمشيد غياث الدين،" مفتاح الحساب"، تحقيق ونشر أحمد سعيد الدمرداش ود. محمد حمدى الحفنى الشيخ، مراجعة عبد الحميد لطفى، القاهرة، دار الكتاب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٧
- ٧- الفارابى (٣٣٩)، أبو نصر محمد بن محمد بن طرخان بن أوزلغ الفارابى التركي، " إحصاء العلوم"، حققه وقدم له وعلق عليه د. عثمان أمين، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ١٩٦٨ ، ط٣ . وأهداه عثمان أمين إلى الشيخ مصطفى عبد الرازق. (أنظر : عيون الأنباء، ٢، ١٣٤، أخبار الحكماء، ١٨٢، ابن خلكان، ٢، ١٠٠، روضات الجنات، ٤، ١٧١، ابن العبري، ٢٩٥، مفتاح السعادة، ١، ٢٩٥، معلمة الإسلام، ج٢، ٥٧، وفيها شرح واف عن فلسفة الفارابي).
- ٨- القفطى "جمال الدين" (٥٦٣-٦٤٦) على بن يوسف بن إبراهيم بن عبد الواحد بن موسى ابن أحمد بن محمد بن اسحق بن محمد بن ربيعة الشيبانى القفطى (الوزير) جمال الدين أبو الحسن، "أخبار الحكماء بأخبار الحكماء، القاهرة"، مكتبة المتنبي، من دون تاريخ (أنظر : ياقوت الحموي، معجم الأديباء، ٥، ٤٧٧، فوات الوفيات، ٢، ٩٦، الطالع السعيد للادفوي، ٢٣٧، حسن المحاضرة، ١، ٢٦٥، بغية الوعاة، ٣٥٨).

- ٩- الخوارزمي (أبو عبد الله محمد بن أحمد بن يوسف الخوارزمي الكاتب الأديب) ٣٨٧هـ، "مفاتيح العلوم"، إدارة الطباعة المنيرية، القاهرة، ١٣٤٢هـ؛ يحيى الحساب والباز العريني، ضبط وتحقيق الألفاظ التاريخية الواردة في كتاب مفاتيح العلوم للخوارزمي، مستخرج من المجلة التاريخية المصرية، المجلد السابع سنة ١٩٥٨ .
- ١٠- الخازن، ميزان الحكمة، ط١، مطبعة دائرة المعارف العثمانية، ١٣٥٩هـ.
- ١١- ابن أبي أصيبعة (٦٠٠-٦٦٨)، موفق الدين أبو العباس أحمد بن القاسم بن خليفة بن يونس بن أبي أصيبعة السعدي الخزرجي، "عيون الأنباء في طبقات الأطباء : من أقدم الأزمنة إلى أيامه"، القاهرة، طبع في لونسبرج سنة ١٨٨٤ بعناية المستشرق مولر الألماني، وطبع في مصر المط الوهبيّة سنة ١٢٩٩ في مجلدين، ونشر منه هـ. جاهيه وعبد القادر نور الدين الباب الثالث عشر، أطباء المغرب، مع ترجمة فرنسية في ١٨٣ ص (منشورات كلية الطب والصيدلة في الجزائر) الجزائر، ١٩٥٨، وطبع في بيروت بمجلدين طبعة عادية، وطبع حديثا في القاهرة، في الهيئة المصرية العامة للكتاب، سلسلة التراث، تحقيق د. عامر النجار ، ٤ مجلدات، ٢٠٠١ . (أنظر : أول عيون الأنباء، شذرات الذهب، ٥، ٣٢٧، روضات الجنات، ٨٥، دائرة المعارف الإسلامية، ١، ٦٩، تأريخ العرب، ٣، ٨١١).
- ١٢- النديم، الفهرست، حققه وقدم له د. مصطفى الشويمي، الدار التونسية للنشر، المؤسسة الوطنية للكتاب، الجزائر، ١٩٨٥ .
- ١٣- ابن العبري، غريغوريوس ابوالفرج بن اهرن، (١٢٢٦م -١٢٨٦م)، تاريخ مختصر الدول، وقف على طبعه ووضع حواشيه الألب أنطون صالحاني اليسوعي، المطبعة الكاثوليكية، بيروت-لبنان، ط١، ١٨٩٠، ط٢، ١٩٥٨ .
- ١٤- الطبري، تاريخ الأمم والرسل والملوك ، طبعة المطبعة الحسينية، ١٣ جزءا، القاهرة، ١٣٣٦هـ.
- ١٥- المسعودي (٣٤٥ أو ٣٤٦) أبو الحسن علي بن الحسين بن علي المسعودي الشافعي، "التنبيه والإشراف"، روائع التراث العربي، ٤، مكتبة خياط، بيروت-لبنان، ١٩٦٥ . (أنظر : الفهرست، ١٥٤، ياقوت الرومي الحموي (٥٧٥-٦٢٦)، معجم الأدباء، ٥، ١٤٧، فوات الوفيات، ٢، ٤٥، الخطط الجديدة، ١٥، ٣٧، روضات الجنات، ٣٧٩).
- ١٦- ابن خلكان، "وفيات الأعيان"، تحقيق د. إحسان عباس، دار الثقافة، بيروت-لبنان، المملكة العربية السعودية، وزارة المعارف، المكتبات المدرسية، من دون تاريخ.
- ١٧- البيهقي، تاريخ حكماء الإسلام، تحقيق محمد كرد علي، مطبوعات المجمع العلمي العربي بدمشق، دمشق، ١٩٤٦
- ١٨- ابن الفرضي، تاريخ العلماء والرواة للعلم بالأندلس، تحقيق السيد عزت العطار الحسيني، جزءان، مكتبة المثنى، بغداد، مكتبة الخانجي، القاهرة، ١٩٥٤
- ١٩- السلامي، تاريخ علماء بغداد، المسمى منتخب المختار، تحقيق عباس العزاوي، مطبعة الأهالي، بغداد، ١٩٣٨
- ٢٠- أبوكامل، "كتاب الجبر والمقابلة"، منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية في إطار جامعة فرانكفورت بألمانيا، يصدرها فؤاد سزكين، سلسلة ج عيون التراث، المجلد ٢٤، طبع بالتصوير عن مخطوطة قره مصطفى باشا ٣٧٩ مكتبة بايزيد في استانبول، ١٩٨٦ .
- ٢١- اقليدس، "كتاب الأصول"، ترجمة الحجاج بن يوسف بن مطر مع شرح أبي العباس الفضل بن حاتم النيريزي، وترجمة لاتينية لرسمس أولسن بستهورن ويوهن لدفع هايبرج، في الرياضيات الإسلامية والفلك العربي، ١٤-١٥-١٦، الأقسام

- ١-٢-٣-٤، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٧م، ؛ أفليدس عند العرب، منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، ج١٧، يصدرها فؤاد سيزجين، القسم الأول، جمع وإعادة طبع فؤاد سيزجين، بالتعاون مع كارل إيرج-إيجرت، مازن عماوي، إكهارد نويباور، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٧، فوبكه، فرانتس، حول الترجمة العربية لكتابي أفليدس المفقودين، فى اللغة الفرنسية، أفتردنجر، لدفع فلكس، حول إعادة تركيب كتاب أفليدس فى القسمة ، فى اللغة الألمانية، شتينشنايدر، مورتس، كتب "المتوسطات" العربية ومؤلفوها، فى اللغة الألمانية، شتينشنايدر، مورتس، أفليدس عند العرب، دراسة وبيلوغرافيا، فى اللغة الألمانية، شتينشنايدر، مورتس، سمبليوس كعالم فى الرياضيات، فى اللغة الألمانية، كورتسه، مكسمليان، كتاب أفليدس فى الثقل والخفة وقياس الأجرام ، فى اللغة الألمانية، فيسنبورن، هارمن، حول ترجمة كتاب أفليدس من العربية إلى اللاتينية التى قام بها أدلهارد فون باث، على أساس مخطوطتين من مكتبة آرفورت، فى اللغة الألمانية، ففارو، أنطونيو، ملاحظات تاريخية حول قسمة المساحات، فى اللغة الإيصالية، هايبرج، يوهن لدفع، دراسات أدبية تاريخية حول أفليدس : أخبار العرب المتعلقة به، فى اللغة الألمانية، هايبرج، يوهن لدفع، كتاب أفليدس فى الأصول عند العرب، فى اللغة الألمانية، هايبرج، يوهن لدفع، كتاب أفليدس فى العصور الوسطي، فى اللغة الألمانية، هايبرج، يوهن لدفع، إضافات متعلقة بأفليدس، فى اللغة الألمانية، كلمروت، مارتن، حول أفليدس عند العرب، فى اللغة الألمانية.
- ٢٢- ابن البناء المراكشي، "تلخيص أعمال الحساب"، حققه وترجمه وعلق عليه، د. محمد سويس، تونس، منشورات الجامعة التونسية، ١٩٦٩ .
- ٢٣- ابن جلجل، أبو داود سليمان بن حسان، "طبقات الأطباء والحكماء"، تحقيق فؤاد السيد، القاهرة، ١٩٥٥
- ٢٤- ابن شاکر الکتبي، صلاح الدين محمد بن شاکر بن أحمد بن عبد الرحمان، فوات الوفيات، ٤ أجزاء، تحقيق إحسان عباس، دار الثقافة، بيروت، ١٩٧٣-١٩٧٤ .
- ٢٥- ابن قطلوبغا، زين الدين أبو العدل قاسم بن قطلوبغا السوداني، تاج التراجم فى طبقات الحنفية، بغداد، ١٩٦٢ .
- ٢٦- البغدادي، إسماعيل باشا بن محمد أمين البغدادي، هدية العارفين فى أسماء المؤلفين والمصنفين، جزءان، طبع وزارة المعارف التركية، إستانبول، ١٩٥١-١٩٥٥ .
- ٢٧- السيوطي، بغية الوعاة فى طبقات اللغويين والنحاة، طبعة الخانجي، مصر، ١٣٢٦ .
- ٢٨- سيزجين، فؤاد، تاريخ المؤلفات العربية، فى اللغة الألمانية، ٧ مجلدات، ليدن، ١٩٦٧-١٩٧٩ .
- 29- *Sezgin, Fuat, Geschichte des arabischen Schrifttums, Leiden : E. J. Brill, 1967.*
- ٣٠- وهو عمل أساسى لدراسة الفترة الواقعة بعد نحو ١٠٤٠ بعد ميلاد السيد المسيح، ويدرس سيزجين الرياضيات فى الجزء الخامس الصادر عام ١٩٧٤ من موسوعته. ويتعامل سيزجين مع المؤلفين الذين كتبوا فى اللغة العربية، واليونانية، والهندية، ومع من بقيت أعمالهم فى اللغة العربية ممن لم يؤلفوا فى اللغة العربية. يقدم سيزجين لكل مؤلف بمقدمة، مشيراً إلى المخطوطات العربية المعروفة فى العصور الوسطي، راجعاً إلى الطبقات العربية، وإلى ترجمات العصور الوسطي، وإلى ترجمات العصر الحديث، وإلى الدراسات الصادرة قبل ١٩٧٤ أو ١٩٧٨ ؛ فؤاد سزكين (جمع وإعادة طبع)،

"أرشميدس في المؤلفات العربية"، نصوص ودراسات، بالتعاون مع كارل إيرج - ليجرت، مازن عماوي، إكهارت نويباور، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٨م،

- ٣١- الصفدي، أبو الصفاء صلاح الدين خليل بن أبيك، الوافي بالوفيات، قيسبادن ١٣٨١-١٣٩١ / ١٩٦١-١٩٧١ .
- ٣٢- النويري، شهاب الدين أحمد بن عبد الوهاب، نهاية الأرب في فنون الأدب، ١٨ جزءاً، القاهرة، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، ٦٧٧-٧٣٣ هـ .
- ٣٣- كحالة، عمر رضا، "معجم المؤلفين"، ١٥ جزءاً، مطبعة الترقى، دمشق، ١٩٥٧-١٩٦١ .
- ٣٤- الدجيلي، عبد الصاحب عمران، " أعلام العرب في العلوم والفنون"، ٣ أجزاء، ط٢، مع تحقیقات وزيادات واسعة، مطبعة النعمان، ١٩٦٦ .
- ٣٥- البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد، كتاب القانون المسعودي"، ٣ أجزاء، ط٢، ط١، بمطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية بحيدرآباد الدكن- الهند، ١٩٥٤م؛ ابن عراق، أبو نصر منصور بن علي، رسائل أبي نصر بن عراق إلى البيروني، حيدرآباد-الدكن (الهند) : مطبعة جمعية دائرة المعارف، ١٩٤٨م / ١٣٦٧ هـ . وهي خمس عشرة رسالة -في الأسطرلاب، امتحان الشمس، تصحيح زيچ الصفائح، جدول التقويم، جدول الدقائق، رؤية الالهة، ضمیمة كتاب الأصول، القسی الفلكية، كرية السماء، المسائل الهندسية، مطالع السميت، إصلاح شكل مانالاولس، منازعة أعمال الاسطرلاب، دوائر السموت في الاسطرلاب- عن المجموعة النادرة المحفوظة في مكتبة بانكى فور-بتته [رقم ٢٤٦٨]
- ، ١٦، ١٥، ٩، ٨، ١٤، ٢٠، ٢١، ١٨، ٢٢، ١٩، ١٧، ١٠، ١١، ١٢، ١٣ .
- ٣٦- بن ميمون، موسي، دلالة الحائرين، ٣ ج، عارضه بأصوله العربية والعبرية وترجم النصوص التي أوردها المؤلف بنصها العبرى إلى اللغة العربية وقدم له د. حسين آتاي، ط٢، القاهرة، مكتبة الثقافة الدينية، أحمد أنس عبد المجيد، المركز الإسلامى للطباعة، ١٩٩٣ .
- 37- *Encyclopaedia of Islam, 2nd ed. Leiden : E. J. Brill, and London : Luzac and Company, 1960.*
- ٣٨- "موسوعة الإسلام"، موسوعة عامة، مرتبة أبجدياً، بالإحالات والفهارس، وتحتوى على مقالات قصيرة وعامة عن علماء الرياضيات المسلمين وظروف نشأة الرياضيات في اللغة العربية.
- 39- *Index Islamicus, 2000.* -٤٢.
- ٤٠- "الدليل الإسلامى"، وهى مجلة الفهرسة الفصلية، وتحتوى على المداخل الببلوغرافية في مجالات الحضارة الإسلامية كافة. وتحتوى على قسم خاص بالعلم في العالم الإسلامى في العصور الوسطى.
- ٤١- الكرجي، أبو بكر محمد بن الحسن، الكافى فى الحساب، مصادر ودراسات فى تاريخ الرياضيات العربية، ٥، منشورات جامعة حلب، معهد التراث العلمى العربى، درسه وحققه وشرحه د. سامى شلهوب، ١٩٨٦م؛ كتاب البديع فى الحساب، منشورات الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية، ٢، تحقيق عادل انبوبا، بيروت، ١٩٦٤م.
- ٤٢- " الطوسي، نصير الدين ، "برهان" على مصادرة أقلیدس الخامسة، د. عبد الحمید إبراهيم صبره، فصلة من مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، المجلد الثالث عشر، مطبعة جامعة الإسكندرية، ١٩٥٩م.

٤٣- عمر الخيام، رسالة في شرح ما أشكل من مصادرات كتاب أقليدس، تحقيق د. عبد الحميد صبره، الناشر المعارف بالإسكندرية، ١٩٦١م.

٤٤- شمس الدين الذهبي، تاريخ الحكماء وطبقات المشاهير والأعلام، ٣ ج، القاهرة، ١٣٦٨هـ.

مداخل فى العربية واللغات الأجنبية فى فلسفة العلوم

١- أبو يعرب المرزوقي، "ابستمولوجيا أرسطو من خلال منزلة الرياضيات فى قوله العلمى"، ليبيا، الدار العربىة للكتاب، ١٩٨٥

2- Gilles Renard, *Lépistémologie chez Georges Canguilhem, Paris, Nathan, 1996*

٣- لطفى العربى، "مدخل إلى الابستمولوجيا"، ليبيا، الدار العربىة للكتاب، ١٩٨٤ .

٤- ناصيف نصار، الفلسفة فى معركة الأيديولوجية، بيروت، دار الطليعة، ط١، ١٩٨٠

٥- عبد السلام بنعبد العالى، الميتافيزيقا، العلم والأيدىولوجيا، بيروت، دار الطليعة، ١٩٩٣

٦- أمين الخولى، "مناهج تجديد"، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٩٥ .

7- Gilles Haeri et Bruno Roche, *Introduction à la philosophie des sciences, Paris, PUF, 1999.*

8- Bruno Jarrosson, *Invitation à la philosophie des sciences, Paris, Ed. du Seuil, 1992.*

9- Ferdinand Alquié, *La philosophie des sciences, Paris, Ed. de la Table ronde, 2003.*

مداخل مؤلفة ومترجمة لفلسفة التاريخ

١- و. هـ. وولش، "مدخل لفلسفة التاريخ"، ترجمة أحمد حمدي محمود، راجعه محمد بكير خليل، القاهرة، مؤسسة سجل العرب، ١٩٦٢ .

٢- برنار غروتويزن، "فلسفة الثورة الفرنسية"، ترجمة عيسى عصفور، دمشق، منشورات وزارة الثقافة، ١٩٧٠ .

٣- "فلسفة التاريخ"، عدد خاص من مجلة "عالم الفكر"، المجلد الخامس، العدد الأول، إبريل-مايو-يونيو، ١٩٧٤

٤- بول هازار، أزمة الضمير الأوربي، ترجمة جودت عثمان ومحمد نجيب المستكاوي، مقدمة طه حسين، القاهرة، مطبعة الكاتب المصري، ١٩٤٨

٥- ارنست كاسيرر، في المعرفة التاريخية، ترجمة أحمد حمدي محمود، مراجعة على أدهم، القاهرة، دار النهضة العربية، من دون تاريخ

٦- أعداد مجلة العلوم، مجلة شهرية للثقافة العلمية تصدر عن دار العلم للملايين، بيروت؛ وأعداد مجلة المورد، مجلة تراثية فصلية، وزارة الثقافة، بغداد-العراق؛ أعداد مجلة المستقبل العربى التى يصدرها مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان.

7- Paul Ricoeur, *La mémoire, l'histoire, l'oubli*, Paris, Seuil, Points-Essais, 2000.

8- Etienne Klein, *Les tactiques de chronos*, Paris, Flammarion, 2003.

تاريخ العلوم بعامة

- 1- Michel Serres (dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Masson, 1984.
- 2- Pierre Rousseau, *Histoire de la science, Les grandes études historiques*, Fayard, 1945.
- 3- Alexandre Koyré, *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, Paris Gallimard, 1973.
- 4- Georges Canguilhem, *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1994
- 5- Daumas, M., (ED.), *Histoire de la science*, Paris, Gallimard, 1957.
- 6- Robert Mortimer Gascoigne, *A chronology of the history of science, 1450 -1900* Garland Reference Library of the humanities (v0 714), New York, London, 1987.
- 7- David Knight Marcus, *Sources for the history of science, 1660-1914*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1915, pp. 27, 33, 47, 129.
- 8- *Chronologie d'histoire des sciences, Le temps déployé*, Larousse, Bordas, 1997.

جداول الفهارس الرياضية الدولية

1- Zentralblatt fur Mathematik (ZfM)

أشمل قاعدة بيانات في العالم في الرياضيات التطبيقية والرياضيات المحض، وتحتوى على نحو مليونى مدخلا لأكثر من ٢٣٠٠ دورية ومجلة علمية متخصصة. والمداخل سرية طبقا لخطـة التصنيف. في ألمانيا. Springer-Verlag وهي تصدر عن

2- Current information sources in mathematics : an annotated guide to books and periodicals 1960-1972, Elie M. Dick, Littleton, Colo : Libraries unlimited, 1973.

3- The Use of mathematical litterature, ed. by A. R. Dorling, London, Butterworths, 1979.

4- Isis

إيزيس هي الدورية الرسمية الصادرة عن جمعية تاريخ العلم بقسم دراسات العلم والتقنية بجامعة كورنيل بولاية نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية، وهي تقدم مراجعات دولية في تاريخ العلوم وتأثيراته الثقافية بوجه عام.

5- Mathematical Reviews (MR) (USA)

تاريخ الفكر الرياضي

- 1- F. Le Lionnais, *Les grands courants de la pensée mathématique*, Paris, Albert Blanchard, 1962.
- 2- M. Kline, *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, London, 1972.

المصادر الحديثة فى تاريخ الرياضيات

- 1- Adolf P. Youshkevitch, *Les mathématiques arabes (VIIIe-XVe siècles) traduction par M. Cazenave et K. Jaouiche, Préface de René Taton, Paris, Vrin, 1976.*

وهى الترجمة الفرنسية للترجمة الألمانية (١٩٦٤، ب. ج. توينر، ليبزيج) :

Geschichte des Mathematik im Mittelalter (History of Mathematics in the Middle Ages) , Leipzig, 1964.

لنص الروسى الأصل الذى ألفه أدولف ب. يوشكفتش، أستاذ معهد تاريخ العلوم والتقنيات بأكاديمية العلوم بموسكو بالاتحاد السوفيتى السابق. وهو الكتاب الذى صدر فى اللغة الروسية عام ١٩٦١ تحت عنوان : "الرياضيات فى العصر الوسيط"، أى الرياضيات فى الصين، والهند، والبلدان الإسلامية، وأوروبا، فى العصر الوسيط. والكتاب المذكور، أى :

Geschichte des Mathematik im Mittelalter (History of Mathematics in the Middle Ages)

اقتصر على ترجمة الجزء الثالث الذى يتعلق بالرياضيات فى البلدان الإسلامية فى العصر الوسيط. وإذا كان الكتاب "الرياضيات فى العصر الوسيط" قد ترجم إلى اللغة الألمانية، والبولندية، والرومانية، واليابانية، وغيرها من اللغات الحية، فإنه لم تصدر حتى الآن ترجمة عربية للجزء الثالث الذى يتعلق بالرياضيات فى اللغة العربية فى العصر الوسيط.

- 2- *Kenneth Apel, Wolfgang Haken, Emmanuel Halberstadt, Les progrès des mathématiques, Paris, 1981.*
- 3- *Jacques Bouveresse, Jean Itard, Emie Sallé, Histoire des mathématiques, Paris, Larousse, 1977.*
- 4- *Pierre Dedron, Jean Itard, Mathématiques et mathématiciens, Paris, 1969.*
- 5- *Jean Itard, Essais d'histoire des Mathématiques , Paris, 1984.*
- 6- *Jean Itard, Pierre Fermat, Basel, 1950.*
- 7- *Jean - Paul Colette, Histoire des mathématiques, Québec, Canada, Editions du Renouveau pédagogique Inc., 1973:*
- 8- *Maurice d'Ocagne, Histoire abrégé des sciences mathématiques, Paris, Vuibert, 1952, pp. 55-58.*
- 9- *Arpad Szabo traduit de l'allemand par Michel Federspiel, Les débuts des mathématiques grecques, 1995.*
- 10- *Cajori, florian, William Oughtred : A Great Seventeenth-Century Teacher Of Mathematics, Chicago, 1916; A history of elementary mathematics : with hints on methods of teaching, New*

York, 1917; A History of Mathematical notations, Dover Publications-Chicago, 1974 ; A History of Mathematics, New York, 1980.

كاجورى وروس بول، "علوم العرب الرياضية وانتقالها إلى أوروبا"، لجامعه وناقله إلى العربية أحمد فهمى أبو الخير، نشرته تباعا مجلة الهندسة، ط١، مطبعة الاعتماد بمصر، ١٩٣٠ .

فهذا الكتاب -كتاب أحمد فهمى أبو الخير- يتضمن من تاريخ العلوم الرياضية الجزء الخاص بالعرب، ولم يكن أحمد فهمى أبو الخير فى هذا الكتاب مبتكراً بل كان ناقلاً عن دائرة المعارف البريطانية، وعن كتاب "تاريخ العلوم الرياضية الابتدائية" لمؤلفه كاجورى، وكتاب "مختصر تاريخ الرياضيات" لمؤلفه روس بول.

- 11- Cantor, M. (1880-1898), Vorlesungen uber Geschichte der Mathematik (A Course on the History of Mathematics) 3 Bande, Leipzig: Teubner, 1894-1900.

م. كانتور، محاضرات فى تاريخ الرياضيات، ١٨٩٤-١٩٠٠ .

- 12- Hankel, H., Zur Geschichte der Mathematik, Leipzig, 1874

هـ. هنكل، حول تاريخ الرياضيات، ليبزيج، ١٨٧٤ .

- 13- Flugel, G., Al-Kindi, genannt ' der Philosoph der Araber ' Leipzig, 1857

ج. فلوجل، الكندي، المسمى باسم "قياسوف العرب"، ليبزيج، ١٨٥٧ .

- 14- Suter, Heinrich, Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke, Leipzig. Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1900. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit einschluss ihrer Anwendungen. X. Heft. Zugleich Supplement zum 45. Jahrgang der Zeitschrift fur Mathematik und Physik. Hrsg .Von R. Mehmke und M. Cantor.

سوتر، هاينريخ، الرياضيون واللكيون العرب وأعمالهم، ليبزيج، ١٩٠٠ .

- 15- Woepke, F. , Sur l'introduction de l'arithmétique indien en Occident, Paris, 1859; Note sur des notations algébriques employées par les arabes, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, vol. 39, pp. 162-165.

فرانس يويكه، حول دخول الحساب الهندى إلى الغرب؛ إشارة إلى الرموز الجبرية المستخدمة لدى العرب.

- 16- Pappus d'Alexandrie, La Collection mathématique, deux tomes, traduit du grec, avec une introduction et des notes par Paul Ver Eecke, Paris, Albert Blanchard, 1982.

- 17- Nicolas Bourbaki, Eléments d'histoire des mathématiques, Paris, Bordas, 1989-1991.

- 18- D. E. Smith, History of mathematics, two volumes, USA, Dover Publications, Inc., 1951.

- 19- Eilhard Wiedemann, *Aufsätze zur arabischen Wissenschafts-Geschichte*, 2 Bd., Mit einem Vorwort und Indices herausgegeben von Wolfdietrich Fischer, Georg Olms Verlag Hildesheim, New York, 1970.
- 20- Jean Dieudonné, *Abrégé d'histoire des mathématiques 1700-1900*, Paris, Hermann, 1978/1992; *History Of Algebraic Geometry : An Outline Of The History And Development Of Algebraic Geometry*, Monterey, 1985; *History of functional analysis*, Amsterdam, 1981; *Mathematics : The music Of Reason*, Berlin, 1992, *Pour l'honneur de l'esprit humain : les mathématiques aujourd'hui*, Paris, 1987.
- 21- A. Dahan-Dalmedico et J. Peiffer, *Une histoire des mathématiques*, Paris, Ed. du Seuil, 1986.
- 22- Jean-Louis Audirac, *Vie et oeuvre des grands mathématiciens*, Ed. Magnard, 1990.
- 23- Victor J. Katz, *A History Of Mathematics, an introduction*, Addison-Wesley Educational Publishers-1988.
- 24- J. P. Colette, *Histoire des mathématiques*, 2 volumes, Ed. du renouveau pedagogique, 1973.
- 25- Eric Temple Bell, *Les grands mathématiciens*, Paris, Ed. Payot, 1950.
- 26- Marcel Boll, *Histoire des mathématiques*, Paris, PUF, *Que sais-je ? n° 42*, 1941/1979.
- 27- David Burton, *The History of Mathematics, an introduction*, Ed. WCB WM C. Brown Publishers, 1985-91.
- 28- A. Dahan-Dalmedico & J. Peiffer, *Une histoire des mathématiques*, Paris, Ed. du Seuil, 1986.
- 29- Marshall Clagett, *Archimedes In The Middle Ages, Volume I, The Arabo-Latin Tradition*, The University Of Wisconsin Press, Madison, 1964.
- 30- Thomas Heath, Kt., *A History Greek Mathematics*, 2 volumes, Oxford At The Alarendon Press, 1960; *Diophantus Of Alexandria : A Study In The History Of Greek Algebra*, Cambrige, 1910.
- 31- J. Tropfke, *Geschichte der Elementarmathematik*, Berlin, 1980.

المصادر الجماعية الحديثة فى تاريخ الرياضيات

- 1- *La démonstration dans l'histoire, Colloque Inter-IREM mai 1989, Ed. IREM de Besancon et IREM de Lyon (Diffusion : IREM de Lyon)*
- 2- *Fragments d'histoire des mathématiques, Brochure APMEP no 65 - APMEP, 1987.*
- 3- *Histoire de problèmes, histoire des mathématiques, Commission Inter-IREM, Ed. Ellipses, 1993.*
- 4- *Bibliography and Research Manual of the history of mathematics, Kenneth O. May, University of Toronto Press, USA, 1973.*
ببليوغرافيا ومرشد البحث فى تاريخ الرياضيات، كنهث أ. مي، منشورات جامعة تورونتو، الولايات المتحدة، ١٩٧٣ .
- 5- *Publications Of The Institute For The History Of Arabic-Islamic Science, Edited by Fuat Sezgin, Islamic Mathematics and Astronomy. The Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt am Main.*
منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، يصدرها فؤاد سزكين، سلسلة الرياضيات الإسلامية والفلك الإسلامي. فى إطار جامعة فرانكفورت-جمهورية ألمانيا الاتحادية.
- 6- *Actes du XIIème congrès international d'histoire des sciences tenu à Paris en 1968 Tome IV : Histoire des mathématiques et de la mécanique depuis l'antiquité, Paris, Albert Blanchard.*
- 7- *Alhambra 2000, European-Arabic Congress of Mathematics (with History of European and Arabic Mathematics and Mathematicians).*
- ٨- أعمال المؤتمر الأوروبي-العربى للرياضيات (تاريخ الرياضيات الأوروبية والعربية وعلماء الرياضيات)، اللجنة العلمية، الرئيس جون بيار بورجينيون، الأستاذ بالمعهد العالى للدراسات العلمية بباريس بفرنسا، ومساهمات رشدى راشد، وهيلين بيلوستا، وميخائيل أتياء، وكريستيان هوزيل، ومحمد أبالاغ، غيرهم من الباحثين الدوليين.
- ٩- بحوث الندوة القومية الأولى لتاريخ العلوم عند العرب، جامعة بغداد، مركز إحياء التراث العلمى العربى، ١٣-١٥ / ١ شباط / ١٩٨٩، الجزء الثانى فى الطب العربى.

فروع الرياضيات

– نظرية الأعداد

- 1- *Les nombres*, Ed. Springer Verlag (Heidelberg-1992), Ed. française Vuibert, 1998.
- 2- *François Le Lionnais, Les nombres remarquables*, Ed. Hermann, 1983/1994.
- 3- *L'univers des nombres*, Hors série n2 de la revue 'La Recherche' Août, 1999.
- 4- *Georges Ifrah, Histoire universelle des chiffres*, Paris, Ed. Robert Laffont, 1994.
- 5- *Gaston Casanova, Infini des mathématiciens, infini des philosophes*, Paris, Collection Regards sur la science, Belin, 1992.

– الأصول الحديثة في نظرية الاحتمال

- 1- A.A. Cournot, *Exposition de la théorie des chances et des probabilités*, in *Oeuvres complètes*, tome I, Paris, Vrin, 1984; A.A. Cournot, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme, Etude sur l'emploi des données de la science en philosophie*, in *Oeuvres complètes*, tome 5, Paris, Vrin, 1979, quatrième section, Rationalisme §§ 3-6 : Probabilité.
- 2- *Pierre-Simon Laplace, Essais philosophiques sur les probabilités*, Gauthier-Villars, Paris, 1921.
- 3- *Jacques Bernouilli, L'art de conjecturer, suivi du Traité des series infinies, et de la Lettre sur le jeu de paume*, Première traduction complète du latin en français, avec un avertissement et des notes par Jean Peyroux, Paris, A. Blanchard.
- 4- *I. Todhunter, A History of the mathematical theory of probability from the time of Pascal to that of Laplace*, New York, 1949.

– الرابطة بين نظرية الاحتمال وتاريخ الرياضيات

- 1- A.N. Kolmogorov and A. P. Yushkevich (eds.), *Mathematics of the 19th century : mathematical logic, algebra, number theory, probability theory*, Basel, 1992.
- 2- *Philippe Wehrle, préface de Ferdinand Gonseth, L'univers aléatoire*, Paris, 1956.
- 3- *Annales de l'Institut Henri Poincaré. Probabilités et statistiques*, Paris, 1983.
- 4- *Henri Poincaré, Calcul des probabilités : {cours de physique mathématique}*, 1987.
- 5- *Dominique Foata, Calcul des probabilités : cours, exercices et problèmes*, 1998.
- 6- *Alber, Shemaya Levy, Albert Krief, Calcul des probabilités : exercices* 1972.
- 7- *Albert Tortrat, Calcul des probabilités et introduction aux processus aléatoires*, 1971.

8- Alber Pasquier, *Eléments de calcul des probabilités et de théorie des sondages*, 1969.

9- Paul Jaffard, *Initiation aux méthodes de la statistique et du calcul des probabilités*, 1996.

10- Claude Dellacherie, *Probabilités et potentiel [5] Chapitres XVII à XXIV, Processus de Markov [fin]*, 1992.

11- Walder Masieri, *Statistiques et calcul des probabilités : cours et travaux pratiques*, 2001.

12- Daniel Revuz, *Probabilités*, Paris, Hermann.

13- Jacques Monod, *Le hasard et la nécessité*.

14- René Thom, *Paraboles et catastrophes*.

15- Edgar Morin et Jean-Louis Lemoigne, *الحكمةintelligence de la complexité*.

16- Jacques Bouveresse, “L’homme sans qualité” de Musil.

17- Marcel Conche, *L’aléatoire*, Paris, PUF.

18- *Les théories de la complexité, autour de l’oeuvre d’Henri Atlan, Colloque de Cerisy sous la direction de Françoise Fogelman Soulé*, Paris, Seuil, 1991.

19- Réda Benkirane, *La complexité, vertiges et promesses*, Paris, Ed. Le Pommier, 2003.

– التحليل التوافيقي

1- Jean-Pierre Ginisti, *La logique combinatoire*, 1997.

2- Irene Charon, Anne Germa, Olivier Hudry, *Méthodes d’optimisation*, 1996.

3- Marc Barbut, Bernard Monjardet, *Ordre et classification : algèbre et combinatoire*, 1970.

5- Gérard Genot, *Piradello : un théâtre combinatoire*, 1993.

6- Eugène Ehrart, *Polynômes arithmétiques et méthode des polyèdres en combinatoire*, 1977.

– فلسفة الرياضيات

1- R. Apery, J. Dieudonné, M. Mandelbrot, R. Thom, *Penser les mathématiques Séminaire de l’Ecole Normale supérieure*, Ed. du Seuil, 1982.

2- Bertrand Russell, A. N. Whitehead, *Principia mathematica, The principles of mathematics*, (1910-1913) 1972, London, Allen and Vnwirt, tenth impression, second edition, Cambridge University Press, 1903 (first edition); *Einführung in die mathematische Philosophie*, Mit einer Einleitung von Michael Otte herausgegeben von johannes Lenherd

und Michael Otte, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2002; James Feibleman, A Replay to Bertrand Russell's Introduction to the Second Edition of ,The principles of mathematics.

وقد كان مشروع مباديء الرياضيات لبرتراند رسل وأ. ن. وإيتيهيد، هو إعادة صياغة الرياضيات كلها في لغة المنطق الجديد على النحو التالي: ج١: المصادر (تعريف الرياضيات الخالصة، المنطق الرمزي، التضمين والتضمين الشكلي، أسماء الأعلام والصفات والأفعال، الإحالة، الطبقات، دوال القضايا، المتغير، العلاقات، التناقض)؛ ج٢: الأعداد؛ ج٣: الكمية؛ ج٤: النظام؛ اللامتناهي والمتصل؛ ج٦ : المكان؛ ج٧: المادة والحركة.

- 3- Jean Cavaillès, Philosophie mathématique, Préface de Raymond Aron, Paris, Hermann, collection Histoire de la pensée, 1962.
- 4- Jules Vuillemin, Philosophie de l'algèbre, tome 1, Recherche sur quelques concepts et méthodes de l'algèbre moderne, Paris, PUF, deuxième édition, 1993.
- 5- Louis Couturat, Les Principes des mathématiques, Georg Olms Verlagsbuchhandlung Hildesheim, 1965.

وبه ملحق حول فلسفة الرياضيات عند عمانوئيل كانط: مبادئ المنطق؛ فكرة العدد؛ فكرة النظام؛ المتصل؛ الكمية؛ الهندسة.

- 6- Dr .Ferdinand Gonseth, Les fondements des mathématiques : de la géométrie d'Euclide à la relativité générale, Reproduction de l'édition de 1926 augmentée d'une préface de J. Hadamard, Paris, A. Blanchard; Logique et philosophie mathématiques, 1998; Librairie scientifique et technique A. Blanchard, Paris, 1926/1974.
- 7- Pierre Dugac, Richard Dedekind et les fondements des mathématiques.
- 8- L. Brunschvicg, préface de Jean-Toussaint Desanti, Les étapes de la philosophie mathématique, réimpression de l'édition de 1912, nouveau tirage, Paris, Alber Blanchard, 1972. Commémoration du cinquantième de la publication des étapes de la philosophie mathématique. Bulletin de la société française de philosophie, séance du 2 juin 1962. Interventions de j. wahl, j. Hyppolite, A. Koyrè, etc,... Paris, Vrin, 1963.
- 9- Ludwig Wittgenstein, ed. par G.E.M. Anscombe, Remarques sur les fondements des mathématiques, 1983. Ludwig Wittgenstein, Cours sur les fondements des mathématiques, 1995.
- 10- Poincare, Russell, Zermelo et Peano : textes de la discussion (1906-1912) sur les fondements, 1986.
- 11- Yvon Gauthier, Logique et fondements des mathématiques, 1997.
- 12- Jacqueline Lelong-Ferrand, Les fondements de la géométrie, 1985.
- 13- Paul Ver Eecke, Fondements du calcul différentiel, 1983.
- 14- Benacerraf, P., Putnam, H. (EDS), Philodosophy of mathematics : selected readings, with an introduction, Englewood, Cliffs (N.J.), Prentice-Hall, 1964.
- 15- Hilary Putnam, Qu'est-ce que le vérité mathématique?, in Hilary Putnam, What is mathematical truth?, in Mathematics, Matter and Method. Philosophical papers, vol. 1, 1975, Cambridge University Press, pp. 60-78. Repris dans : Tymoczko T. (ed.), New directions in the philosophy of mathematics, 1986, Birkhauser, pp. 49-65.

- 16- *Intikka, J., (ED.), The philosophy of mathematics, Londres, Oxford University Press, 1969.*
- 17- *Barker, S. F., The philosophy of mathematics, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice-Hall, 1964.*
- 18- *Axiomatique, Paris, Alcan, 1936.*
- 19- *David Hilbert, The foundations of mathematics, 1927.*
- 20- *Kurt Godel, The modern development of the foundations of mathematics in the light of philosophy, 1961, in Collected Works, Volume III (1961), publ. Oxford University Press, 1981.*

القواميس والموسوعات والدوريات العلمية الدولية

فى تاريخ العلوم بعامة

- 1- W. F. Bynum, E. J. Browne, Roy Porter, (ed.), *Dictionary of the history of science*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, Macmillan Press, 1981.
- 2- Dominique Lecourt (dir.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, Paris, PUF, 1999.
- 3- *Revue d'histoire des sciences*, Paris, PUF, Centre international de synthèse.

التواميس والموسوعات فى تاريخ الرياضيات بعامة :

- 1- Fritz Reinhardt et Heinrich Soeder, *Atlas des mathématiques, La pocothèque-Le Livre de Poche, Collection Encyclopédies d'aujourd'hui*, 1997.
- 2- Eric W. Weisstein, *CRC Concise encyclopedia of mathematics*, Ed. CRC Press Washington, D. C., 1998.
- 3- Stella Baruk, *Dictionnaire des mathématiques élémentaires, : pédagogie, langue, méthode, exemples, étymologie*, Ed. du Seuil, 1992.
- 4- *Mathematics At A Glance/Kleine Enzyklopadie Der Mathematik/Petite Encyclopedie Des Mathématiques*, Leipzig, Veb Bibliographisches Institut, 1975
- 5- Gunther Eisenreich Ralf Sube, *Worterbuch Mathematik, englisch, deutsch, französisch, russisch*, Verlag Harri Deutsch, Thun und frankfurt am Main, 1982.
- 6- Bertrand Hauchearne Adrian Shaw, *Lexique bilingue du vocabulaire mathématique anglais-francais, francais-anglais*, Paris, ellipses, 2000.
- 7- Bertrand Hauchecorne, Daniel Surreau, *Des mathématiciens de A a Z*, Paris, ellipses, 1996.
- 8- *Dictionnaire des mathématiques*, Paris, Albin Michel, 1997.
- 9- Alain Bouvier, Michel George, Francois Le Lionnais, *Dictionnaire des mathématiques*, Paris, PUF, 1996.
- 10- A. Bouvier et M. George, *Dictionnaire des mathématiques*, Paris, PUF, 1992.
- 11- *Encyclopedia Universalis*, Vol. 1, 2, 6, 10, Paris, Ed. Albin Michel.
- 12- Max Horten, *Die Spekulative und positive Theologie des Islam*, Georg Olms Hildesheim, 1967.
- 13- J. C. Poggendorff (ed.), *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften*, Leipzig, 1863.

معاجم فى اللغة العربية

- ١ معجم الرياضيات، إنكليزى-عربي، مع مسرد ألفبائى بالألفاظ العربية يتضمن مصطلحات الرياضيات التقليدية والحديثة والميكانيكا والحاسبات الإلكترونية مشروحة شرحا دقيقا وافيا، إعداد لجنة من الخبراء بتكليف من لجنة الترجمة والتعريب الأردنية، وزارة التربية الأردنية (عمّان)، مكتبة لبنان، بيروت-لبنان، ١٩٩٨ .
- ٢ المعجم الموحد لمصطلحات الرياضيات والفلك (إنجليزى-فرنسي-عربي)، ٣، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، ١٩٩٠ .
- ٣ أحمد شفيق الخطيب، معجم المصطلحات العلمية الفنية والهندسية، مؤسسة حواء، بيروت-لبنان، ١٩٩٧ .
- ٤ محمد فارس، موسوعة علماء العرب والمسلمين، بيروت : المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ١٩٩٣م.
- ٥ موسوعة العلماء والمخترعين، إعداد د. إبراهيم بدران، د. محمد أسعد فارس، بيروت-لبنان، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط١، ١٩٨٧ .
- ٦ د. حسين مؤنس، أطلس تاريخ الإسلام، القاهرة، الزهراء للإعلام العربي، ط١، ١٩٨٧م.
- ٧ معجم المصطلحات العلمية والفنية، عربي، فرنسي، إنجليزى، لاتيني، إعداد وتصنيف يوسف خياط، بيروت-لبنان، دار لسان العرب، من دون تاريخ.

فهرس المصطلحات

المصطلحات الجبرية والحسابية

أعداد طبيعية-ط – \mathbb{N} :

وهي الأعداد ١، ٢، ٣، ... وهي الأعداد الصحيحة الموجبة، تسمى أيضا الأعداد التامة، والتامة الموجبة، والأعداد الأصلية. والأعداد الأولية هي أعداد طبيعية خاصة، وكذلك الأعداد التامة أو المتحابة... (أنظر : بيانو). هي مجموع صغير من مجموع \mathbb{Z} .

أعداد صحيحة-ص – \mathbb{Z} :

هي ٠، ١±، ٢±، ٣±، ...-2-1012 وهي مجموع صغير من مجموع \mathbb{Q} .

أعداد نسبية أو منطقة –ن- \mathbb{Q} : 0.1 0 1 0.2 0.5 0.333

وهي الكسور أو الأعداد الكسرية، وهي أعداد بالإمكان كتابتها بالشكل $\frac{a}{b}$ حيث a ، b عددان صحيحان، $b \neq 0$. ودل ريتشارد ديدكيند (١٨٣١-١٩١٦) على الأعداد النسبية بالحرف الكبير \mathbb{R} وعلى الأعداد الحقيقية بالحرف القوطي \mathbb{R} ، في كتابه عن "المتصل والأعداد الصماء" (١٨٧٢)، واستعمل ريتشارد ديدكيند كذلك الحرف K للإشارة إلى الأعداد الصحيحة، والحرف J للإشارة إلى الأعداد المركبة. واستعمل بيانو جيوزيبييه (١٨٥٨-١٩٣٢) في عام ١٨٩٥ وفي كتابه عن الرياضيات، الحرف \mathbb{N} للأعداد الصحيحة الموجبة، و n للأعداد الصحيحة، و \mathbb{N}_0 للأعداد الصحيحة الموجبة والصفر، والحرف R للأعداد الحقيقية و \mathbb{Q} للأعداد الحقيقية والصفر، وذلك كما أورد كاجوري في كتابه سالف الذكر، ج٢، ص ٢٩٩. واستعمل هيلموت هاس (١٨٩٨-١٩٧٩) حرف Γ - في اللغة اليونانية- للأعداد الصحيحة وحرف γ - في اللغة اليونانية- الكبير P للأعداد النسبية المنطقة، في كتابه عن "الجبر الأعلى" (جزءان، برلين، ١٩٢٦). والتزم هيلموت هاس بهذا الترميز في كتبه اللاحقة في نظرية العدد. ربما كان الحرفان الألمانيان في اللفظين الألمانيين *ganze Zahl* أو العدد الصحيح، و *rationale Zahl* أو العدد النسبي المنطق، هما السبب في اختيار هيلموت هاس لحرفي Γ و P اليونانيين. واستعمل أو توهاوبت GO للأعداد الصحيحة وحرف P الكبير-في اللغة اليونانية- P للأعداد النسبية المنطقة، وذلك في كتابه عن "الجبر الحديث" (برلين، ١٩٣٠)، ولكنه في طبعات الكتاب نفسه اللاحقة، تحول إلى استخدام حرفي \mathbb{Z} -الأعداد الصحيحة- و \mathbb{Q} -الأعداد النسبية المنطقة-. ودل إدموند لاندوا (١٨٧٧-١٩٣٨) على مجموعة الأعداد الصحيحة بكسر $\overline{Fraktur Z}$ وذلك في كتابه عن "أسس التحليل" (١٩٣٠، ص ٦٤)، ولا يبدو أنه قدم لرموز المجموعات النسبية المنطقة، أو الحقيقية، أو الأعداد المركبة. ويعود استخدام الحرف \mathbb{Q} للأعداد النسبية المنطقة و \mathbb{Z}

للأعداد الصحيحة إلى فريق الرياضيين نقولا بورباكي الفرنسيين الذين بدءوا بالاجتماع في الثلاثينات من القرن العشرين، بهدف كتاب حساب موحد شامل للرياضيات كلها. وهما الحرفان اللذان يضاهيان اللفظين الألمانيين *Quotient* و *Zahlen*، وهما وردا في الفصل الأول من كتاب نقولا بورباكي عن "الجبر". والأعداد \mathbb{Q} هي مجموعة صغيرة من مجموعة \mathbb{R} .

أعداد صماء :

وهي أعداد غير نسبية وغير قياسية، والعدد النسبي هو ذلك العدد الذي لا يمكن كتابته على الشكل a/b ، حيث a ، b عددان صحيحان، $b \neq 0$ ، مثل 2 ، e ، العدد الذهبي Φ وهو أحد الثوابت الرياضية.

أعداد حقيقية- \mathbb{R} :

وهي مجموعة الأعداد المكونة من الأعداد النسبية والأعداد الغير النسبية، وهي الأعداد الجبرية زائد الأعداد الخيالية. تشتق التسمية من *real* لدى ديدكين. وهي مجموعة صغيرة من \mathbb{C} .

أعداد مركبة \mathbb{C} :

$a+ib$ وهي تمثل الإحداثيين a و b لنقطة على سطح على محوري x و y ، a هي الجزء الحقيقي و b هي الجزء الخيالي من العدد المركب، ورمز i هو رمز الجذر الخيالي في المعادلة $x^2+1=0$ أو يقال بعبارة أخرى $i=-1$ أو $i^2=-1$ ، وإذا $b=0$ ، فالعدد المركب يساوي a ، وهو عدد حقيقي. وهي الأعداد المستخدمة في الكهرباء، وفي الفيزياء النووية، وفي ديناميكا الطيران، ...

أس (أساس)، دليل القوة :

الأس أصل البناء، وهو الأصل مطلقاً، أس ج أسس وأسوس وأساس، والأس عبارة عن عدد يوضع فوق الجهة اليسرى لكمية ما ليذل على القوة التي رفعت إليها، فمثلا s^3 يدل على القوة الثالثة للكمية s ، وأس القوة هو العدد ٣.

أساس (أسس) :

وهو عنوان يدل على نقطة البداية لمجموعة من البيانات أو التعليمات. وفي الهندسة هو قاعدة الشكل الهندسي ذو المجسم الهندسي، وهو الضلع أو الوجه الذي ينشأ عليه ارتفاع المجسم أو الشكل المستوي.

إبدالية :

هي خاصية إذا توافرت في نظام رياضي، فإن ناتج تطبيقها على عنصرين من النظام لا يتأثر بتغيير ترتيب هذين العنصرين. فمثلا : عند جمع العددين ٢، ٧، فإن الناتج هو نفسه : سواء أخذنا ٧+٢ أو ٢+٧، أي أن $a + b = b + a$.

بنية جبرية :

بناء الشيء بضم بعضه إلى بعض، مقاييس اللغة، ج ١، ص ٣٠٢، لسان العرب، ج ١٨، ص ١٠١، بناء ج أبنية (الخوارزمي، ٢٣)، بنية (المصطلحات العلمية، القاهرة، ١٩٦١، ص ٣٥).

توفيق مرتب، نسق، ترتيب :

مراتب العدد، وتسمى منازل.

توافيق (تأليف) :

وهي المجموعات الجزئية التي تختارها من مجموعة ما من دون اعتبار لترتيب عناصر هذه المجموعات، وكل مجموعة جزئية مختارة تسمى توفيق. وقد عين ليونارد أويلر (١٧٨٣-١٧٠٧) المعاملات ذات الحدين ب n بعد r ضمن الأقواس، واستعمل علامة الكسر الأفقية في بحث كتبه عام ١٧٧٨، لكنه لم ينشر قبل ١٨٠٦. استعمل أولير الأداة نفسه عدا الأقواس في بحث في عام ١٧٨١ ونشر في عام ١٧٨٤، كما أورد كاجوري في كتابه سال الذكر (ج ٢، ص ٦٢). وظهر الترميز الحديث، واستعمال الأقواس وهلامة الكسر، في عام ١٨٢٦ في كتاب "التحليل التوافيقي" لصاحبة الألمانية أندرياس فون إتنجسهاوس، وقد أورد كاجوري (ج ٢، ص ٦٣) أن هذا الترميز قد ظهر في عام ١٨٢٧ في كتاب أندرياس فون إتنجسهاوس عن "محاضرات في الرياضيات العليا" (ج ١).

تباديل (تراكيب) :

تنظيم مرتب لعناصر أو جزء من عناصر مجموعة ما، فجميع تباديل الحروف أ، ب، ح هي : أ، ب، ح، أب، أح، با، باح، حأ، حب، أب ح، أح ب، أح ب ح، ح أ ب، ح أ ب ح. وبالإمكان إثبات أن تباديل ل من الأشياء مأخوذة كلها في آن واحد هول!، كما بالإمكان إثبات أن تباديل ن من الأشياء مأخوذاً ر منها في كل مرة هون/ (ن - ر) !

تجميعية :

خاصية التجميع أو الدمج هي خاصية أوصفت إذا توافرت في العملية الثنائية * على مجموعة، فإن النتيجة التالية (أ * ب) * ح = أ * (ب * ح) تكون صحيحة دائماً، ولجميع العناصر أ، ب، ح، التي تنتمي إلى المجموعة. ومن أمثلتها عملية الجمع العادية على الأعداد الصحيحة وعملية الضرب العادية على الأعداد الصحيحة، حيث : (أ + ب) + ح = أ + (ب + ح) ، (أ * ب) * ح = أ * (ب * ح) أما عملية الطرح العادية على الأعداد الصحيحة فهي ليست تجميعية، لأن أ - (ب - ح) ≠ (أ - ب) - ح ، ونقول في هذه الحال إن عملية الطرح على الأعداد الصحيحة ليست تجميعية.

تحليل إلى عوامل :

تنص النظرية الأساسية في التحليل إلى العوامل على أن أي عدد صحيح بالإمكان كتابته على صورة واحدة كحاصل ضرب مجموعة من قوى عوامله الأولية (بغض النظر عن الترتيب).

تقريب :

يحسب بحيث تكون الإجابة قريبة من الإجابة الصحيحة. فنقول مثلاً إن الجذر التربيعي التقريبي للعدد ٣ هو على التوالي ١،٧ أو ١،٧٣ أو ١،٧٣٢، فهذه تقريبات متتالية للجذر التربيعي للعدد ٣ .

تناسب :

تساوى نسبتين، ويقال للأعداد أ، ب، ح، ع، إنها متناسبة، إذا كان $\frac{أ}{ب} = \frac{ح}{ع}$ ، ويسمى العددان أ، ع، بطرفي النسبة، ويسمى العددان ب، ح، وسطى النسبة، والتناسب المتسلسل لكميات معطاة هو أن تكون نسبة الحد الأول في هذه الكميات إلى الثاني مساوية نسبة الثاني إلى الثالث ومساوية نسبة الثالث إلى الرابع، وهكذا، أو أن تشكل هذه الكميات متتالية هندسية، فالأعداد ١، ٢، ٤، ٨، ١٦، ٣٢، تكون تناسباً متسلسلاً، لأن: $\frac{١}{٢} = \frac{٢}{٤} = \frac{٤}{٨} = \frac{٨}{١٦} = \frac{١٦}{٣٢}$

توافق الأعداد :

ورد الرمز المتوافق في نظرية العدد في طبعة عام ١٨٠١ من كتاب الرياضى كارل فريدريش جاوس (١٧٧٧-١٨٥٥) عن "البحوث الحسابية". وفي كتابه عن "البحوث الحسابية" (ليبيزيج، ١٨٠١)، المقالة ٢، مجموع الأعمال، ج١، جوتجن، ١٨٦٣، ص ١٠، كما أورد كاجورى في كتابه سالف الذكر، ج٢، ص ٣٥، ذكر فريدريش جاوس في اللغة اللاتينية شرحاً للرمز على النحو التالي:

Numerorum congruentian hoc signo \equiv , in posterum denotabimus, modulum ubi opus erit in clausulis adiungentes - $16 \equiv 9 \pmod{5}$ - $7 \equiv 15 \pmod{11}$.

على آية حال، استعمل جاوس الرمز في وقت مبكر جدا في كتاباته الشخصية، وذلك كما أورد ريتشارد ل. فرانسيز، في كتابه عن "جوهرة في الناج : اكتشاف لقانون التبادل من الدرجة الثانية، الملاحظات التاريخية، الرياضيات خلال العصور، ليكسنجتون، كتلة، مجموعة الرياضيات ودارسيها، ١٩٩٢، ص ٨٢ .

ثابت أو متغير :

في عبارة جبرية، فكما أعطى قيمة ما تحدد للعبارة الجبرية حالة خاصة من حالاتها المختلفة، فمثلا في المعادلة $ص = أ س + ب ؛ أ، ب$ وسيطان يحددان بقيمتين معينتين خطأ مستقيما معينا، كما أنه في المعادلة $ص - ١ / س - ١ = م$ يكون م وسيطا كل قيمة يتخذها تحدد واحدا من عائلة المستقيمات التي ترمز إليها المعادلة.

ثنائية الحد :

عبارة تتكون من حدين مثل : $٢س + ٥ ص$ أو $٣ - (أ + ب)$

ثلاثية الحد :

هي كثيرة حدود تتكون من ثلاثة حدود، مثل $٣س - ٢س + ٧$

جذر :

الجيم والذال والراء، أو الجيم والذال والراء إذا اجتمعت تدل على الأصل من كل شيء، والجذر أصل الحائط، قال الأصمعي إن : الجذر الأصل من كل شيء، وقال أبو عمرو إن : الجيم بكسرة، وقال الأصمعي إنها بفتحة. وبالإمكان أن نقرب بين لفظي جذر وجذر، وكلمة جذع، وهو أصل الشجرة، وجذل، وهو أصل كل شاخص مثبت رأسي، ومن الجذر الذي هو أصل الشجرة اشتق بالقياس جذر الكلمة، وجذر العدد الحسابي، وجذر العدد الجبري، وجذر ج جذور أو أجزار، و"الحساب يسمون الثلاثة جذرا والتسعة المجذور"، كما أورد ابن هيدور، والعدد المجذور هو العدد الصادر عن ضرب عدد في مثله والمضروب في نفسه يسمى جذراً.

حل :

(١) الإجراء المتبع لإيجاد نتيجة مطلوبة باستخدام بيانات معطاة وحقائق أو أساليب معروفة سابقاً وعلاقات يلاحظها الباحث؛ (٢) النتيجة نفسها تسمى حلاً. فمثلاً يقال لجذر المعادلة حل كما أن حل المعادلة يشير إما إلى عملية إيجاد الجذر أو إلى الجذر نفسه.

حد، طرف :

حدا الكسر هما بسطه ومقامه؛ (٢) الطرف أو الحد في المتساوية (أو اللامتساوية) هو كل من الكميتين اللتين تفصل بينهما إشارة المساواة (أو التباين)؛ (٣) إذا كانت هناك عبارة رياضية بشكل المجموع الجبري لعدد من الكميات فإن كل كمية من هذه الكميات تعتبر حداً. فمثلاً كل من s و 2 . $(s+ص)$. $ص-١/س+١$ ، $ص$ حاس حداً في العبارة: $ص-٢ - (س-ص) + ص-١/س+١ + ص$ حاس.

حقل :

نظام رياضي ذو عمليتين (مجموعة من العناصر عرفت عليها عمليتان) يطلق على إحداهما اسم الجمع وعلى الأخرى اسم الضرب، وتتوافر في هذا النظام الخواص التالية : (١) تكون المجموعة مع عملية الجمع زمرة تبديلية؛ (٢) تكون المجموعة (عدا الصفر) مع عملية الضرب زمرة تبديلية؛ (٣) تتوزع عملية الضرب على عملية الجمع.

دالة، تابع، اقتران، تطبيق :

المقابل التقليدي لكلمة *function* هو دالة أو تابع ولكن التصور الحديث لكلمة *function* ينفي عنها فكرة الدلالة أو التبعية، ويجعلها مترادف لكلمة *mapping* ، وهي الاقتران أو الترابط. إن ربط كل عنصر من عناصر مجموعة ما مثل A -تسمى المجال- بعنصر واحد فقط من عناصر مجموعة أخرى مثل B -المجال المقابل-، هو اقتران من المجموعة A إلى المجموعة B ، وللاقتران مكونات ثلاث : المجال، المجال المقابل، القاعدة وهي واسطة ربط أى عنصر من عناصر المجال بعنصر واحد فقط من عناصر المجال المقابل، فلاقتران $ق : ق = (س ، ص) : A \supset س، B \supset ص$ ، $ص = ٣ س /$. الذى مجاله مجموعة الأعداد الصحيحة Z ، ومجاله المقابل مجموعة الأعداد الحقيقية R ، ويربط كل عدد صحيح بثلاثة أمثاله يكتب على النحو التالى: $ق : R \leftarrow R$ حيث $س \leftarrow ٣س$ ، $س \in Z$ والصورة $س \leftarrow ٣$ س ترمز إلى قاعدة الاقتران، وبالإمكان أن نكتب قاعدة الاقتران على النحو التالي: $ق (س) = ٣ س$.

وإذا ارتبط العنصر س من المجال بالعنصر ص من المجال المقابل باقتران ما ق فإننا نسمى ص صورة س تحت هذا الاقتران أى أن ق (س) = ص. والمجموعة الجزئية من المجال المقابل التى تتكون من جميع صور عناصر المجال تسمى مدى الاقتران، أى أن مدى الاقتران هو مجموعة جزئية من المجال المقابل للاقتران، وإذا كان مجال الاقتران ومجاله المقابل معروفين، فليس من الضرورى ذكرهما، ويكتفى هنا بذكر قاعدة الاقتران، مثلا : ص = ق (س) = ٣ س + ٥ . زمرة، أبيلية، تبديلية : إذا حققت الزمرة قانون التبديل، قيل إنها زمرة أبيلية أوتبديلية، أى إذا حقق النظام الرياضى بالإضافة إلى الشروط الأربعة للزمرة شرط التبديل، قيل إنه زمرة تبديلية، وقانون التبديل أو خاصيته هو: $a * b = b * a$ لجميع العناصر أ، ب فى الزمرة.

صف، صفوف:

أصل واحد وهو استواء فى الشيء وتساو بين شيئين فى المقر.

عدد أولى :

هو العدد الذى ليس له من القواسم إلا نفسه، والعدد ١ مثل الأعداد ٢، ٣، ٥، ٧، ١١، ١٣، وعادة ما يُستثنى العدد ١ من الأعداد الأولية.

عُشرى :

النظام العُشرى : مجلة المجمع اللغوي، القاهرة، ١٩٥٧، ٢٠٢ . قوة يسمى المقدار ب م القوة م للعدد ب

قضيه، نظرية، دعوى :

تتضمن الكلمة النظرية، وبرهانها، كما قد تعنى أى حقيقة تقال صائبة كانت أو خاطئة.

قياس، مقياس، معيار :

مقياس اللوغاريتمات فى نظام معين لتعطى لوغاريتمات فى نظام آخر مقياس النظام الثانى بالنسبة إلى النظام الأول، فمثلا اللوغاريتمات الاعتيادية (بالنسبة إلى اللوغاريتمات الطبيعية) هو: $0,434294$ = لو هـ ومقياس اللوغاريتمات الطبيعية (بالنسبة إلى اللوغاريتمات الاعتيادية) هو: $2,302585=10$ = لو هـ

متعددة حدود، ذات الحدود وهي اقتران معين بالقاعدة :

(ق) $s = أن س ن + أن-١ س ن-١ + ... + ١ س + ٠$ حيث ، s أعداد حقيقية أو مركبة، n عدد صحيح موجب، وإذا كان $n = ٠$ ، فإن ذات الحدود تكون من الدرجة النونية، فمثلا $s-٣-٢$ $s + ١$ هي ذات حدود من الدرجة الثالثة.

مبرهنة، نظرية :

(١) هي قضية تطرح للبرهان اعتمادا على فرضيات معينة؛ (٢) هي نتيجة عامة تمت برهنتها. متجانسة وهو ما تكون جميع أجزائه من جنس واحد. متطابقة هي جملة مكونة من طرفين تفصل بينهما علامة التطابق (\equiv) ونصح لجميع قيم المتغير (المتغيرات)-باستثناء الحالات التي يكون كل طرف فيها لا معنى له. وطرفاها متطابقان لا يختلفان إلا في الشكل، فمثلا : $(س + ص) \equiv ٢س + ٢ص$ $٢س + ٢ص$ وغالبا ما تستعمل علامة المساواة= بدلا من علامة التطابق .

متغير عشوائى :

صار استعمال الحروف الكبيرة أو الصغيرة للدلالة على الم بر العشوائى للقيمة وكان الشكل $Pr \{X = xj\}$ شائعا نحو العام ١٩٥٠، والعلامة واردة في كتاب فيلير "مقدمة إلى نظرية الاحتمال".

مجموعة جزئية :

إذا كان كل عنصر في المجموعة ب عنصراً في المجموعة أ نقول إن ب مجموعة جزئية من أ ، فالمجموعة $[٣، ٧، ١٠]$ مجموعة جزئية من المجموعة $[٣، ٥، ٧، ٩، ١٠]$ وتكون s مجموعة جزئية فعلا من المجموعة v إذا كانت s مجموعة جزئية من v ، ووجد عنصر واحد على الأقل ينتمى إلى v ولا ينتمى إلى s .

مساواة، تساوى :

وهي عبارة أو جملة (وغالبا ما تكون بصورة معادلة) تصف تساوى شيئين أو كميتين.

مضلع، كثير الأضلاع :

إذا كانت أ١، أ٢، ... ، أن نقاطا في مستو واحد، $n < ٢$ ، ر'ذا وصلنا من هذه النقط بالقطع المستقيمة أ١ أ٢، أ٢ أ٣، ... ، أن-١ أن، أن أ١، فإن الشكل الناتج يسمى مضلعا أو كثير الأضلاع. ويطلق النقاط المذكورة اسم رؤوس المضلع، وعلى النقط المستقيمة اسم أضلاع المضلع، ويسمى

المضلع بعدد أضلاعه أو رؤوسه فيسمى مثلثا إذا كانت ذا ثلاثة أضلاع، ورباعيا، إذا كان ذا أربعة أضلاع، وهكذا، والمنطقة المحصورة الواقعة ضمن أضلاع المضلع تسمى داخل المضلع.

معادلة :

هى مساواة بين كميتين، أو هى جملة مفتوحة ذات متغير واحد أو أكثر مكونة من طرفين متساويين، وتتحقق لقيم محدودة العدد للمتغير أو المجهول. أما إذا تحققت لجميع القيم فتسمى عندئذ مطابقة. فمثلا : $2س + 3ص = 5$ ، هى معادلة تصح مثلا عندما $س = 1$ ، $ص = 1$ ، أما $س - 2ص = 2$ ($س - ص$) ($س + ص$)، فتصح دائما، ولذا فهى متطابقة.

معامل، معاملات :

يستخدم هذا التصور فى الجبر الابتدائى للدلالة على الجزء العددى فى الحد الجبري. ويكتب قبل الرمز أو الرموز المستخدمة فى هذا الحد. فمثلا يعتبر العدد 3 معاملا لكل من الحدين 3س، 3(س + ص). وبصورة عامة يستخدم هذا التصور للدلالة على حاصل ضرب جميع عوامل المقدار، عدا رمزا معيننا حيث يعتبر حاصل الضرب هذا معاملا لذلك الرمز، ففي المقدار 3أ ص ع يعتبر 3أ ص معاملا للرمز ع كما يعتبر 3أ ع معاملا للرمز ص. وفى الجبر يستخدم هذا التصور فى الغالب للدلالة على العوامل الثابتة فى المقدار حتى يميزها عن المتغيرات. (الجبر، 1، القاهرة، 1955، المصطلح العلمي، القاهرة، 1961، ص35).

مقام الكسر، المخرج :

وهو المقدار الذى يكون تحت خط الكسر أو هو العنصر الثانى فى الكسر باعتبار هذا الكسر زوجا مربعا، ففي الكسر $\frac{2ص}{3س + 2ص + 1}$ يكون 3 هو المقام، وكذلك فى $\frac{س}{س + 2ص + 1}$ يكون س + 2ص + 1 مقاما.

مقدمة، مأخوذة (مأخوذات)، نظرية (نظريات) تمهيدية :

وهى نظرية يبرهن عليها للتمهيد للبرهان على نظرية أخرى.

مصادرة، مسلمة :

وهى عبارة رياضية أولية نسلم بصحتها من دون برهان.

لازمة، نتيجة :

حقيقة تنتج فوراً وبسهولة من نظرية أو حقيقة أخرى.

الموضوعات الجبرية والحسابية

آبل، نيلس-هنريك (١٨٠٢-١٨٢٩) :

عالم رياضى نرويجى حديث.

ابن البناء، أبو العباس أحمد بن محمد بن عثمان الازدى (١٢٥٦ - ١٣٢١) :

منذ القرن العاشر الميلادي، أعاد الرياضيون كتابة الجدول بزيادة عدد صفوفه وأعمدته حسب ما تقتضيه الحاجة في الأبحاث الحسابية كبحث البغدادى وابن سينا وابن البناء والأموي، فضلاً عن تقدم ظاهر في حساب قوى الأعداد الطبيعية الأولى. وبلغت هذه الحركة أوجها في برهان ابن الهيثم لعبارة كان أسلافه أمثال القبيصى ومعاصروه كالبغدادى يعرفونها.

ابن ترك، عبد الحميد (٨٥٠ م) :

كان واحدا من الرياضيين الذين قرءوا وشرحوا على كتاب الخوارزمي في الجبر والمقابلة، جنباً إلى جنب مع ثابت بن قرة، الصيداني، سنان بن الفتح، أبو كامل، أبو الوفا البوزجاني.

ابن جني، أبو الفتح عثمان (٣٣٠-٣٩٢ هـ) (٩٤٢-١٠٠٢ م) :

كان من حذّاق أهل الأدب وانتهت إليه الريادة في النحو والتصريف، صنف في كليهما كتباً "كالخصائص" و"المنصف" و"سر الصناعة".

ابن خلدون، عبد الرحمن (ولي الدين) بن محمد بن محمد بن أبي بكر محمد بن الحسن بن

محمد بن جابر بن محمد بن إبراهيم بن عبد الرحمن (١٣٣٢م-١٤٠٦م) :

مؤرخ زاهر في الحضارة العربية سطع عندما مالت شمسها إلى المغيب.

ابن سينا، أبوعلى الحسين ابن عبد الله (٣٧٥هـ / ٩٨٠م - ٤٢٨ هـ / ١٠٣٧م) :

واسمه اللاتيني في الغرب هو AVICENNE، وهو تشويه للأصل ابن سينا. وابن سينا من أصل إيراني. فقد غزا العرب إيران عام ٧١٢م. وكان عالماً مسلماً، وسياسياً، وفيلسوفاً، وطبيباً، ورياضياً. بحثه رشدى راشد في إطار العلاقة بين الرياضيات والفلسفة، وفي سياق النظر في

التوافقية والميتافيزيقا لديه، ولدى نصير الدين الطوسي وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين في العربية.

ابن عبد الحامد، هارون :

أحد الموظفين الذين ارتبطوا بمضاعفة الإنشاءات أى الدواوين والنماذج المصغرة لها فى نهاية الخلافة الأموية، والذين رسموا النموذج المثالى لفئة "الكتاب".

ابن الليث، أبو الجود :

كان معاصرا للبيرونى وأسهم فى صياغة الترجمات الجبرية لمسائل من الدرجة الثالثة.

ابن معروف، تقى الدين : (ت عامى ٥٨٥١ - ٦٨٥١)

أجرى حساب الجداول العشرية لجيب وظل الزوايا. حتى القرن السابع عشر الميلادي، ذكر رياضيون أمثال اليزدى (المتوفى عام ٧٣٦١ تقريباً) كتاب "مفتاح الحساب" والكسور العشرية كما عرض لها الكاشي.

ابن الهيثم، أبوعلى الحسن (البصرة، النصف الثانى من القرن العاشر-مصر، بعد ٥٤٣٢/سبتمبر ١٠٤٠م) :

حث رشدى راشد فى الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع الميلادى والقرن الحادى عشر الميلادى بوجه عام، وبحث فى إسهام ابن الهيثم فى دراسة القطوع المخروطية، العمليات الهندسية، الهندسة العملية، التحويلات والمناهج الهندسية، فلسفة الرياضيات، والتحليل والتركيب، بوجه خاص.

أبو بكر الرازى (٨٦٤-٩٢٣م) :

وهو طبيب وفيلسوف وكيميائي، وموسيقى وفلكي، وتصانيفه عديدة أنافت عن المائتي.

أبو كامل، بن أسلم بن محمد بن شجاع (٢٣٦-٥٣١٨ / ٨٥٠-٩٣٠م) :

وشهرته "الحاسب المصري"، ويعرف باسم "أبى كامل المصري" أحيانا، وأيضا "شجاع بن أسلم"، وهو رياضى اشتهر فى القرن الثالث الهجرى / التاسع الميلادى، وكان أحد الرياضيين الذين ما انفكوا منذ عهد الخوارزمى يستحذون على النظام الحسابى الغير اليوناني، ليطوروا الحساب الجبري، ونظرية المعادلات، والتحليل السيل، وذلك قبل ترجمة حساب ديوفنطس.

ابيان، ب :

رياضى سبق ستيفن إلى استعمال الكسور العشرية.

أرشميدس (٢٨٧ قبل الميلاد-٢١٢ قبل الميلاد) :

رياضي يوناني قديم، أسهم في الحساب والهندسة، وطرح المسألة الهندسية التي تقبل الرجوع إلى المعادلة التكعيبية، ولكنه لم يصغ هذه المسألة صياغة جبرية. أنظر، فيما يتعلق بأرشميدس، إلى كتاب مارشل كلاجيت المرجعي، عن "أرشميدس في العصور الوسطى"، الجزء الأول، التقليد العربي-اللاتيني، مطبوعات جامعة فايكونسن، ميدسون، ١٩٦٤ .

اسحق بن حنين بن اسحق (٨٠٨ – ٨٧٣) :

يعتبر واحدا من الذين برزوا في ميدان النقل في مدرسة أبيه حنين بن اسحق. ونقل من اللغة اليونانية والسريانية. وكان فيلسوفا وطبيباً، ورياضياً، وشاعراً، ومنجماً. ومن تلك المصنفات التي ورد ذكرها عند معظم من ترجم لاسحق بن حنين، نذكر ما يتعلق بالرياضيات، مثل "اختصار كتاب إقليدس". ومن مراجعه ومصادره : الفهرست، ص ٢٨٥-٢٨٦، ابن اصبغة، عيون الأنبياء، ج ١، ص ٢٠٠، ج ٢، ص ١٦٧، ص ٢٧٩، القفطي، أخبار العلماء، ص ٥٧، ابن خلكان، وفيات الأعيان، ج ١، ص ١٨٥، البيهقي، تاريخ كماء الإسلام، ص ١٨، الصفدي، الوافي بالوفيات، ج ٨، ص ٤١٠-٤١١، ابن العبري، تاريخ مختصر الدول، ص ٢٦٦، القاضي الرشيد، أبو الحسين أحمد بن الزبير، الذخائر والتحف، الكويت، ١٩٥٩، ص ٥٠-٥١ .

أفلوطين (٢٠٣-٢٦٢م):

وهو فيلسوف يوناني أسس للأفلاطونية الحديثة وآثاره تتألف من ستة مجموعات تحتوى على تسعة كتب، ومنها جاء عنوانها "إنياد".

المأمون : عبد الله بن هارون الرشيد (١٧٠-٢١٨هـ / ٧٨٦-٨٣٣م):

سابع الخلفاء العباسيين (حكم : ١٩٨-٢١٨هـ / ٨١٣-٨٣٣م)، عني بالآداب والعلوم، وأنشأ بيت الحكمة في بغداد، فازدهرت في عهده الترجمة والنقل، ناصر المعتزلة، وامتنح الناس في خلق القرآن، وهي ما سميت "بالمحنة".

الاحتمال :

طور الرمز إلى احتمال حدث على نمط $P(A)$ أو $Pr(A)$ تطوراً حديثاً نسبياً. واستعمل أ. ن. كولموجوروف في كتابه عن "التصور الأساس للاحتمال" (١٩٣٣)، الرمز $P(A)$ ونبع استعمال الحروف الكبيرة للإشارة إلى الأحداث من نظرية المجموعات. واستعمل هـ. كرامر في كتابه عن "توزيعات الاحتمال والمتغير العشوائي" (١٩٣٧)، والذي كان الكتاب الحديث الأول على الاحتمال

في اللغة الإنجليزية، استعمل هـ. كرامر، إذن، الرمز $P(A)$ وفي العام نفسه، أي عام ١٩٣٧، كتب ج. ف. وسبينسكاى، فى كتابه عن "المقدمة إلى الاحتمال الرياضي"، كتب إذن كتابة بسيطة : (A) . واستعمل ف. فيلير، فى كتابه الرائد عن "المقدمة إلى نظرية الاحتمال وتطبيقاتها" (ج ١، ١٩٥٠)، استعمل إذن الرمز : $Pr(A)$ و $P(A)$ فى الطبعت اللاحقة من الكتاب نفسه.

الاحتمال الشرطى :

رمز كولموجوروف عام ١٩٣٣ إلى الاحتمال الشرطى أو إلى *die bedingte Wahrscheinlichkeit*، على النحو التالى : $PB(A)$ وأحال كرامر عام ١٩٣٧ إلى "الاحتمال النسبي" وكتب $(PB(A))$. واستعمل ويسبينسكاى عام ١٩٣٧ مصطلح "الاحتمال النسبي" ورمز إليه بالرمز : (A,B) . وأشاع فيلير الترميز بالعلامة العمودية $Pr(A|B)$ عام ١٩٥٠، وإن كان هـ. جيفرى قد استعمله من قبل. وفى كتابه عن "الاستدلال العلمي" يرمز $P(p|q)$ إلى احتمال القضية p طبقا للمعطيات q . وأورد جيفرى أن كينز وجونسون، كاتبى كمبريدج المبكرين، قد استعملوا p/q ، واستعمل جيفرى نفسه $P(p : q)$ والرمزان p و q مقتبساً من

Bertrand Russell, A. N. Whitehead, Principia mathematica, The principles of mathematics, , (1910-1913) 1972, London, Allen and Vnwirt, tenth impression, second edition, Cambridge University Press, 1903 (first edition); Einfuhrung in die mathematische Philosophie, Mit einer Einleitung von Michael Otte herausgegeben von johannes Lenherd und Michael Otte, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2002; James Feibleman, A Replay to Bertrand Russells Introduction to the Second Edition of The principles of mathematics.

والاحتمال الشرطى *CONDITIONAL PROBABILITY* هو احتمال وقوع حدث ما تحت ظروف معلومة تسمى الشرط، فعند رمى حجرى نرد يكون احتمال كون مجموعهما ٥ هو $٤/٣٦$ ، لأن المجموع ٥ يأتى من الحوادث $(١,٤)$ ، $(٢,٣)$ ، $(٣,٢)$ ، $(٤,١)$ ، وأما احتمال كون المجموع ٥ إذا علم أن هذا المجموع عدد يقل عن ٧ فنحصل على هكذا : ل (المجموع = ٥ | ، المجموع > ٧).

$$ل (المجموع > ٧) / ل (المجموع = ٥ والمجموع > ٧)$$

$$ل (٢,٣ ، ٣,٢ ، ٤,١) / ل (المجموع = ٥) = ٤ / ٣٦ / ١٥ / ٣٦ =$$

$$٤ / ١٥ =$$

بشكل عام : ل (أ | ب) = ل (ب) / ل (أ و ب)

الاستدلال التراجعي :

لم يقصد رشدي راشد إنكار التجديد في صياغة بليز بسكال بالمقارنة مع الاستعمالات الغير المصاغة لـ R_I ، أو حتى الصياغات السابقة عليها ، كصياغة باشيه. هذه الجدة هي التي تؤسس تأسيساً معاصراً لرؤية مبدأ بليز بسكال. ومع نقص الدقة في صياغة مبدأ بليز بسكال، فهو يؤسس لرؤية صور مبدأ الاستقراء الرياضي القديمة. في ضوء صياغة مبدأ بليز بسكال لا بد من إدخال R_I كاستدلال استقرائي رياضي، ويصبح الاستدلال التراجعي شكلاً قديماً من أشكال الاستقراء الرياضي التاريخية.

الاستدلال الرياضي :

بعد دراسة فرويدنتال ، كتب رياضيو ونقولا بورباكي في مطلع عقد الستينيات من القرن العشرين يقول إن مبدأ الاستقراء الرياضي كان قد استخدمه ف. موروليكو للمرة الأولى في القرن السادس عشر الميلادي. ولم يتردد رابينوفيتش في وصف استدلال ليفي بن جرسون بأنه استقرائي بالمعنى الرياضي. من جهة أخرى، احتفظ آخرون - مع بعض الفروق كفرويدنتال وبلا تحفظ مثل م. هارا (*M.Hara*) بفضل بليز بسكال وحده في تطبيق مبدأ الاستقراء الرياضي. والقاسم المشترك بين هذه المواقف جميعاً هو إنها تحول دون فهم أسباب نشأة أشكال الاستدلال الرياضي الجديدة.

الاستقراء التاريخي :

يرد تصور العلم الأوروبي في أعمال مؤرخي القرن الثامن عشر الميلادي وفلاسفته. فهو وسيلة لتعريف الحداثة في سياق جدال أيديولوجي امتد طوال القرن الثامن عشر الميلادي، فهو يمثل عاملاً بنائياً لسرد تاريخي نقدي. ففي الجدال المتعلق بـ "القدماء والمحدثين" أشار الدارسون ، في تعريفهم للحداثة ، إلى ذلك العلم الذي جمع فيه بين الاستدلال بالقياس والتجربة. فهكذا نرى بليز بسكال (*B. Pascal*) في مقدمة "المقالة في الخلاء" ، ثم إلى حد ما ، نقولا مالبراناش (*N. Malebranche*) في "البحث عن الحقيقة"، يحاولان، منذ بداية القرن السابع عشر الميلادي ، بيان تفوق المحدثين، بالاستقراء التاريخي.

الاستقراء التام :

الفرق بين الاستقراء التام والاستقرار غير التام عند برنوللي سرعان ما توارى. في تلك الحقبة كان العلماء لا يزالون بعيدين عن الفهم الحقيقي لضرورة الاستقراء الرياضي. فإن الرياضي الفرنسي، جاك برنوللي *Jacques Bernoulli* لم يفرق بل نقض علمية استخدام الاستقراء غير التام.

الإسكندرية :

أنظر : د. نجيب بلدى، التمهيد لتاريخ مدرسة الإسكندرية وفلسفتها، دار المعارف، القاهرة، ١٩٦٢؛ تاريخ الإسكندرية وحضاراتها منذ أقدم العصور، محمد عواد حسين، الإسكندرية، ١٩٦٣ .

الاشتقاق :

أدخل جوتفريد فيلهيلم ليبنيتز (١٦٤٦-١٧١٦) الرموز $dx, dy, dx/dy$ فى مخطوطة بتاريخ ١١ نوفمبر ١٦٧٥، وذلك كما أورد كاجورى فى كتابه (ج٢، ص ٢٠٤)، وأدخل يوسف لويس لاجرونج (١٧٣٦-١٨١٣)، الرمز $f'(x)$ للإشارة إلى المشتق الأول، ويشير $f'(x)$ إلى المشتق الثانى، وهكذا دواليك، وفى عام ١٧٩٧، فى كتاب "نظرية الدالات التحليلية"، كشف يوسف لويس لاجرونج عن $f'x$ و $f''x$ ، وفى "الأعمال الكاملة"، ج ١٠، حيث يفيد يوسف لويس لاجرونج أنها إعادة طباعة عام ١٨٠٦، وفى صفحتى ١٥ و ١٧، تكشف عن الأجزاء المطابقة المعطاة فى الصورة التالية : $f'(x), f''(x), f'''(x), f^{(4)}(x)$ ، وذلك كما أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر (ج٢، ص ٢٠٧). وأورد يوسف لويس لاجرونج فى العام ١٧٧٢ الرموز التالية : $u'du$ و $du=u'dx$ وذلك "فى جنس جديد من الحساب يتصل بالتفاضل وتكامل الكميات المتغيرة"، فى "بحوث جديدة لأكاديمية العلوم الملكية والآداب الرفيعة فى برلين". وقدم لويس فرونسوا أنطوان أربو جاست (١٧٥٩-١٨٠٣)، "فى حساب الاشتقاق وتطبيقاتها فى نظرية المتواليات وفى حساب التفاضل"، استراسبور، ٢٢، ص ٤٠٤، مطبعة لوفرو، الإخوة، سنة ١٨٠٠، وذلك كما أورد خوليو جونزاليس كابيل، وكما أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر عن "تاريخ الرياضيات"، حيث أورد أن أربو جاست قدم ذلك الرمز، لكنه يبدو أنه لا يبين ذلك الرمز فى تاريخ الترميز الرياضى. واستعمل أربو جاست الحرف D فى العمل نفسه، على أن هذا الرمز كان قد استعمله يوهان بيرنولى، كما أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر عن "تاريخ الرياضيات" (ج٢، ص ٢٠٩)، وأورد ماور، فى كتابه، (ص ٩٧) أن بيرنولى قد استعمل الرمز فى إطار إجرائي.

الاشتقاق الجزئى :

استعمل أنتوين نقولا كاريئات حرف d مجعداً فى عام ١٧٧٠، وأورد المركيز دوكوندورسيه (١٧٤٣-١٧٩٤) فى "بحثه عن المعادلات ذات الفروق الجزئية"، والذى صدر فى "تاريخ الأكاديمية الملكية للعلوم"، ص ١٥١-١٧٨، عام ١٧٧٣، وفى ص ١٥٢، كتب كوندورسيه بقول، إن "فى مواضع هذا البحث كله، إما يدل dz و az على اختلافين جزئيين ل z ، حيث أن أحدهما يتعلق ب x

الإسطرلاب :

آلة فلكية لقياس ارتفاع الشمس والأجرام السماوية الأخرى.

الأعداد التامة :

العدد التام هو الذى يكون مجموع قواسمه الفعلية مساوياً له.

الأعداد المتحابية :

إذا ترابط عددان بحيث كان مجموع قواسم كل منهما التى هى أصغر منه، مساوياً للعدد الآخر، كان هذان العددان متحابين، فالعددان ٢٢٠، ٢٨٤، متحابان لأن قواسم العدد ٢٢٠ التى تقل عنه، هى ١، ٢، ٤، ٥، ١٠، ١١، ٢٠، ٢٢، ٤٤، ٥٥، ١١٠، ومجموعها ٢٨٤، كما أن قواسم العدد ٢٨٤ التى تقل عنه، هى ١، ٢، ٤، ٧١، ١٤٢، ومجموعها ٢٢٠ .

الأعداد الناقصة :

العدد الناقص هو العدد الذى يكون مجموع قواسمه أقل منه، فالعدد ١٠ عدد ناقص لأن قواسمه هى ١، ٢، ٥، ومجموعها ٨ .

التوقع :

يشير الحرف الكبير E إلى التوقع فى الكتاب-الأم "الخيار والفرصة" (ط٥) لصاحبه الرياضى ف. أ. واينورث عام ١٩٠١، لكن لا الرمز ولا حساب التفاضل والتكامل استقرا فى الأدبيات الإنجليزية العلمية حتى وقت قريب، وعلى سبيل المثال، استعمل ريتس فى كتابه عن "الإحصائيات الرياضية" (١٩٢٧) الرمز E وعلق عليه قائلاً إن القيمة المتوقعة للمتغير هو تصور كثيراً ما استعمله الكتاب الأوروبيون القاريون المختلفين، أى أن E تشير إلى *Erwartung*، أو *Espérance*.

إقليدس (نحو ٣٣٠ قبل الميلاد- نحو ٢٧٥ قبل الميلاد) :

وهو أحد رياضى الإسكندرية الأوائل اليونانيين القدماء، عاصر فجر القرن الثالث قبل ميلاد السيد المسيح، وذروة الرياضيات اليونانية القديمة، وهو صاحب "الأصول" (أصول الهندسة، الأركان، كتاب إقليدس)، الذى جمع فيه المعارف الرياضية من أيام فيثاغوراس إلى عصره، تلك المعارف التى تعلقت بالهندسة الميترية -عدا المخروطات-، ونظرية الأعداد. من مراجعه : الطوسى (نصير الدين)، "تحرير أصول الهندسة"، ابن ججل، طبقات الأطباء والحكماء؛ أخبار الحكماء.

الابستمولوجيا :

فرع من فروع الفلسفة ينظر نظرة نقدية إلى تاريخ العلوم ومناهجها ونتائجها. وأحيانا ما يتداخل مع فرع نظرية المعرفة.

الاقليدسي (٩٥٢ م) :

أحمد بن إبراهيم أبو الحسن : اعتقد بعض المؤرخين المحدثين العرب والغربيين على السواء أن بإمكانهم تحديد موقع خاص للإقليدسي في تاريخ الكسور العشرية. ونسبوا إلى الاقليدسي اكتشاف هذه الكسور. وأكدوا أنه استعملها "كونها كسوراً" وبأنه "قَدَّر أهمية التدوين العشري". قَدَّر بعض المؤرخين، إذن، أنهم قرءوا في بحث الإقليدسي شرح الكسور العشرية وتطبيقها. ولقد عرض رشدي راشد لقاعدة الأظفار التي أسست لحل استخراج الجذر التربيعي والتكعيبي. المسألتان الأخرى اللتان حددهما رشدي راشد هما : ١ - تكرار زيادة - أو إنقاص - عدد معطى بمقدار عُشره - قدر ما نشاء من المرات ؛ ٢ - قسمة عدد مفرد عدة مرات إلى نصفه وكذلك إجراء العملية العكسية. لكن ليس هناك ما دل، في منظور رشدي راشد، في بحث الإقليدسي على الكسور العشرية. وهو لم يقدم، حسب رشدي راشد، عرضاً عاماً يضاهي عرض السموأل. درس الاقليدسي مسألة زيادة عدد بمقدار عُشره خمس مرات. من هنا ظهر الوهم عن نشأة الكسور العشرية في الإقليدسي.

الألسنية، علم اللغة :

رأيتنا أن تعيين الحدود الخاصة بحقل الألسنية يفرض خياراً من بين مميزات اللغة، ولا يمكن لهذا الخيار، الذي يقوم عليه البناء النظري كله، أن ينهض على أسس قبلية. ولا بد من استحضار الأسباب والبداهات التي تؤسس للظن بأن مثل هذا الخيار هو خيار مناسب. وفي المقابل، فإن رأياً قاطعاً في هذا الشأن هو أمر ممكن إذا قورن ما بين العديد من النظريات الألسنية، أخذاً بالاعتبار التطبيقات الممكنة والميادين الأخرى كميدان التحليل التوافقي في الرياضيات.

الأنثروبولوجيا :

يهدم رشدي راشد الرؤية الأنثروبولوجية -من اللغة اليونانية *ANTROPOS /LOGOS* ، وفي اللغة الفرنسية *ANTHROPOLOGIE*، وفي اللغة الألمانية *ANTHROPOLOGIE* وفي اللغة الإنجليزية *ANTHROPOLOGY* وفي اللغة الإيطالية *ANTHROPOLOGIA*، اللاهوتية/ المدرسية/ الحديثة، في التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها. ذلك أن رشدي راشد يذكرنا بأن ذلك العهد الذي طال

واعتبر الإنسان الغربي فيه نفسه مركزا لاهوتيا للكون قد انقضى. ومن هنا رفض التعارض الضدى أو الثنائية الضدية بين نوعين من الشعوب : نوع يزعم أن له مقدرة ومؤهلات خاصة للعلم ، ونوع لا علم له ولا مؤهلات طبيعية (ولم يسبق له قط أن ابتكر ابتكارا واحدا فى خدمة البشرية لأنه يتعذر عليه أن يستتبط أى شيء جديد). فهى ثنائيات تعيد صياغة الثنائيات التى مضى عهدها : الخير والشر، الصح والخطأ، الداخل والخارج، الإيجاب والسلب، القبيح والجميل، العمودى والأفقى. فباسم "علم" مزيف للطبيعة البشرية تشوه طبيعة الإنسان.

أوجتريد:وليم (١٥٧٤-٤٦٦٠):

وهو رياضى إنجليزى جدد الجبر والحساب فى كتابه "مفتاح الرياضيات"، أو ' *Clavis mathematicae* " (لندن، ١٦٣١).

أويلر، ليونهارد (١٧٠٧-١٧٨٣):

وهو رياضى سويسرى بحث فى مجالات الرياضيات كافة.

ايتارد:جون مارك جاسبار :

مؤرخ فرنسى معاصر كشف عن "المقالات الحسابية لأقليدس".

ايراتوستين، غربال (نحو ٢٧٥ – نحو ١٩٥ قبل الميلاد :

هو اسم منهج البحث فى الأعداد الأولية الفردية أصغر من عدد تام طبيعى ن معطي. لذلك تكتب قائمة الأعداد الفردية كلها حتى ن. نشدد على ٣ ونشطب مضاعفاته كلها، ونشدد على أصغر الأعداد الغير المشطوب، وهنا ٥ ونشطب مضاعفاته كلها ونكرر الإجراء حتى الجزء التام من n ، والأعداد الغير المشطوبة هى الأعداد الأولية الفردية n . والأعداد الأولية الأصغر من ١٢٠ نحصل عليها من خلال منهج ايراتوستين :

39 37 35 33 31 29 27 25 23 21 19 17 15 13 11 9 7 5 3 -
79 77 75 73 71 69 67 65 63 61 59 57 55 53 51 49 47 45 43 41
111 109 107 105 103 101 99 97 95 93 91 89 87 85 83 81
119 117 115 113

والأعداد الأولية $120 <$ هى إذن :

2,3,5,7,11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71,73,79,83,89,97,101,103,107,109,113.
وفي مذكرات كمال الدين الفارسي التي أورد رشدی راشد نصها في بحثه "في أدوات من أجل تاريخ
الأعداد المتحابة"، لا يقتصر الفارسي على حساب زوج بيار فرما لكنه يعلل حساب زوج بيار فرما
تعليلاً تاماً. إنه يبدأ ب $n = 4$ إذن $p_3 = 23$ ، $p_4 = 47$ ، $p_5 = 1151$ ، ويبين بعد ذلك من خلال
قضايا عدة من بينها جربال ايراتوستين، أن ١١٥١ هو أولي.

إيتوسيوس :

حل المعادلة التكعيبية من نوع $x^3 - cx + a^2 b = 0$:

(ب)

بابوس (القرن الرابع الميلادي) :

رياضي يوناني متأخر، والفترة التي عاش فيها مجهولة، والأرجح أنه ازدهر في أواخر القرن الثالث الميلادي، والنصف الأول من القرن الرابع الميلادي، وهو معروف بموسوعة الكتب في المجة منوعات الرياضية.

البَتَّاني (٨٥٨ – ٩٢٩ م) :

أبو عبد الله محمد بن سنان بن جابر الحراني الفلكي (٢٣٥-٣١٧هـ / ٨٥٠-٩٢٩م)، رياضي وفلكي اشتهر في القرن الرابع الهجري / الثالث الميلادي، وعرف بلقب "بطليموس". ولد ببستان، بضواحي حران، حيث تجمعت طائفة الطائفة، ثم استقر أبو عبد الله ببغداد، وبها أجرى عددا من الأرصاد الفلكية. المصادر والمراجع : دائرة المعارف الإسلامية، ط٢، ج١، ص ١١٣٧، نلينو، صاعد الأندلسي، كتاب طبقات الأمم، بركلمان، ج١، ٢٢٢، ملحق ١، ٣٩٧، ابن خلكان، ج٢، ص ١٠٥، ابن النديم، الفهرست، ٣٨٩، القفطي، تاريخ الحكماء، ٢٨٠، أبو الفداء، ج٢، ٧٩، حجي خليفة، كشف الظنون، ٩٧٠، ١٥٩٤، كحالة، ج٩، ١٤٤، هوفر، تاريخ الرياضيات، باريس، ١٨٧٤، ٢٩٤، الفهرست، ٢٧٩ .

بخارى:

مدينة إسلامية تقع في غرب جمهورية أوزبكستان في آسيا الوسطى الإسلامية، وتعد من أشهر مدن إقليم ما وراء النهر في بلاد التركستان على مر العصور. واسم بخارى مشتق من كلمة بخار المغولية التي تعني العلم الكثير، وسميت بهذا الاسم لوجود كثير من العلماء فيها. وهناك أسماء عدة لمدينة بخارى : أرض النحاس، ومدينة التجار، وبخارى الشريفة، وبخارى العظيمة.

بسكال، بليز (١٦٢٣-١٦٦٢) :

وهو رياضي فرنسي صاحب "محاولة في المخروطات" (١٦٤٠)، و"رسالة في المثلث الحسابي" (١٦٥٣).

<p>باشيولي، لوقا (١٤٤٥-١٥١٧):</p> <p>وهو راهب ورياضي إيطالي، بحث في الحساب وحلول المعادلات.</p>	
<p>باكوك، جورج (١٧٩١-١٨٥٨):</p> <p>وهو قس ورياضي إنجليزي، صاحب المعالجة المنطقية للجبر.</p>	
<p>بيكون، فرانسيس (١٥٦١ - ١٦٢٦) :</p> <p>هو رائد النزعة الوضعية التجريبية في العصور الحديثة.</p>	
<p>البحث التجريبي :</p> <p>تعددت الطرائق التجريبية في الفترة العربية واستعملت الطرائق استعمالا منسقا. وتشهد على ذلك تصانيف علماء النبات ومعاجم اللغويين، والتجارب التي كلن يجريها الأطباء وعلماء الكيمياء، والملاحظات العيادية والتشخيص المقارن الذي كان الأطباء يقومون به.. ولكن هذا التصور للتجريب لم يكتسب البعد المحدد، إلا بعد ما قامت علاقات جديدة بين الرياضيات والطبيعات.</p>	
<p>برانشفيج، ليون (١٨٦٩-١٩٤٤) :</p> <p>ألمع وأنبه من تابعوا النزعة العقلية النقدية في فرنسا في النصف الأول من القرن العشرين.</p>	
<p>برنولي، جاك (١٦٥٤-١٧٠٥):</p> <p><i>(نظرية في الاحتمالات) :</i> وهي حالة خاصة من نظرية النهاية المركزية عندما يكون المتغير ذا قيمتين نسميهما النجاح والفشل بحيث يكون احتمال النجاح ل واحتمال الفشل ١ - ل.</p>	
<p>بروسيوس، ج :</p> <p>رياضي من القرن السابع عشر الميلادي.</p>	
<p>برقليس (٤١٢م-٤٨٥م):</p> <p>وهو فيلسوف يوناني درس في الإسكندرية وأثينا ثم أدار الأكاديمية التي أسسها أفلاطون، وفسر بطلميوس، وكتابا في التنجيم، وآخر في الفلك، والمقالة الأولى من كتاب "الأصول" لإقليدس.</p>	
<p>البغدادى:أبو منصور عبد القاهر (ت ١٠٣٧م):</p> <p>وهو صاحب "التكملة في الحساب"، حيث بحث في استخراج الجذر التربيعي للعدد ٥ .</p>	

البناءات الجبرية :

إن موضوع الجبر بالمعنى الحديث، هو دراسة البناءات الجبرية، بصرف النظر عن تطبيقات البناءات العملية.

بنوموسى (١٢٠٨) بنوموسى الحسن (١٣٣)، بنوموسى احمد (٦١)، بنوموسى جعفر

(١٦١)، من مراجعهم :

وفيات الأعيان، ج ٥، ١٦١، ابن النديم، الفهرست، ١٢٦-١٢٧، ٢٧١، ابن العبري، تاريخ مختصر الدول، ٢٧٩-٢٨١، طبقات الأمم، ٧٣، القفطي، تاريخ الحكماء، ٣١٥-٣١٦ .

بوب، فرانز (١٧٩١-١٨٦٧) :

ولد بوب فى مدينة ماينز فى ألمانيا وتلقى علومه على يد الفيلسوف فندشمان ثم قدم إلى باريس بين عامى ١٨١٢-١٨١٦، واستمع إلى محاضرات المستشرق سلفستر دوساسي، وتعلم الفارسية والعربية والعبرية والسكربتية على يد شيزى الأستاذ بالكوليج دوفرونس منذ عام ١٨١٤ . وفى باريس أنشأ بوب مذكراته "فى نظام تصريف اللغة السكربتية ومقارنته بالأنظمة الصرفية المعروفة فى اللغات اليونانية واللاتينية والفارسية والجرمانية" (فرانكفورت، عام ١٨١٦)، فكان بوب مؤسس القواعد المقارنة.

بورباكي ، نقولا :

نقولا ، وهو ليس رياضيا إنما هو اسم مجموعة من الرياضيين الفرنسيين المعاصرين، أسسها ، عام ١٩٣٥، الرياضى هنرى كارتان، والرياضى كلود شوفالييه، والرياضى جون دلسارت، والرياضى جون ديودونيه والرياضى أندريه فيل، وكانوا جميعا طلبة بالمدرسة العليا للمعلمين. وشارك فى المجموعة نفسها الرياضيون أمثال لوران شفارتز، وألكسندر جروتنديك، وجون بيار سير، وغيرهم من الرياضيين المعاصرين. وكانت المجموعة تهدف إلى تحسين تعليم التحليل وإحياء الرياضيات كما نهضت فى ألمانيا، على يدى دافيد هيلبرت *David Hilbert*. وتأثرت المجموعة كذلك بفكر الرياضى الفرنسى هنرى بوانكاريه. من هنا كانت مجموعة "بورباكي" مجددة. فقد استتدت المجموعة على نظرية المجموعات فى صياغتها الشكلية "لوحدة الرياضيات". فنظرية المجموعات تقدم مستودعا "للأشكال" التى هى "بنى رياضية" ومفتاح معمار بورباكى الرياضى. وليس من شك أن رشدى رشد كان ممن تعلموا فى هذه المدرسة، وأفادوا من موسوعة "أصول الرياضيات" (أكثر من ٧٠٠٠ صفحة)، وبخاصة فيما يتعلق بالمنهج البنيوي. وتنقسم "أصول" بورباكى إلى الأقسام

التالية : الكتاب الأول : نظرية المجموعات، الكتاب الثاني : الجبر، الكتاب الثالث : الطوبولوجيا العامة، الكتاب الرابع : دالات المتغير الصحيح، الكتاب الخامس : الفضاءات المتجهية الطوبولوجية، الكتاب السادس : التكامل، الكتاب السابع : الجبر التبادلي، الكتاب الثامن : منوعات تفاضلية وتحليلية. لكن رشدی راشد اختلف مع المجموعة من جهة "أصول تاريخ الرياضيات" (١٩٦٩)، كما اختلف معها من جهة إغفال المجموعة للرياضيات التطبيقية بما في ذلك بعض مجالات الاحتمال. واختلف أخيراً مع نظرية "وحدة الرياضيات"، لصالح نظرية تنوع الرياضيات في تاريخ الرياضيات.

البوزجاني (٣٢٨ – ٣٧٦ هـ – ٩٤٠ – ٩٨٦ م) :

أبو الوفا محمد بن محمد بن يحيى بن إسماعيل بن العباس ، وهو رياضى وفلكى اشتهر فى القرن الرابع الهجرى / العاشر الميلادى. ولد ببوزجان، من كورنيسابور، سنة ٣٢٣هـ/ ٩٣٤م، وإليها ينسب وتوفى ببغداد سنة ٣٨٨/ ٩٩٨ . له إسهام فى العلوم العددية، والحساب، والمجسطي، وتفسير كتاب ديوفنطس فى الجبر والمقابلة. بعض المصادر والمراجع : دائرة المعارف الإسلامية، ط٢، ج١، ص١٦٣، مقال لسوتر، هوفر، تاريخ الفلك، باريس، ١٨٧٣، ٢٦٤، هوفر، تاريخ الرياضيات، باريس، ١٨٧٣، ص ٢٩٥، ابن النديم، الفهرست، ص ٣٩٤، ابن القفطي، تاريخ الحكماء، ص ٢٨٧.

بوجندورف (١٧٩٦ – ١٨٧٧) :

يوهان كرستيان ، وهو عالم الفيزياء الألماني والمؤرخ لها.

بونفيس :

لقد كان من المؤلف أن ينظر المؤرخون إلى الديسم (*La disme*) التى كتبها س. ستيفن *S. Stevin* بوصفها عرضاً أولياً للكسور العشرية. ولدى وصول المؤرخين إلى معرفة أسلاف س. ستيفن *S. Stevin* من علماء الرياضيات الغربيين، أصابهم بعض الارتباك. لكنهم لم يضعوا أسبقية الرياضى الفلمنكى س. ستيفن *S. Stevin* موضع التساؤل. كانت معرفة رودولف (*Ch. Rudolff*) وأبيان (*P. Apian*) وغيرهما من الرياضيين بالكسور العشرية مجتزأة وناقصة . فى حين عرض س. ستيفن *S. Stevin* بوجه خاص لمسألة الكسور العشرية، فقد درس رودولف (*Ch. Rudolff*) وأبيان (*P. Apian*) وغيرهما من الرياضيين الكسور العشرية من خلال مسائلهم الخاصة. ففى عام ١٩٣٦ كشف س. جاندز (*S. Gandz*) وج. سارنون (*G. Sarton*) عن نص لبونفيس (*Bonfils*) (١٣٥٠) وزعزت شروحات س. جاندز *S. Gandz* ذلك التقليد أو ذلك الاعتقاد السائد بأسبقية بونفيس *Bonfils* فى ابتكار الكسور العشرية. ولأن نص لبونفيس *Bonfils* مثل مشروعا غامضا لصياغة

نظرية الكسور العشرية، فقد تصاعد القول بأنه لم تقم قبل س. ستيفن *S. Stevin* أية محاولة في المستوى الذي وصل إليه س. ستيفن *S. Stevin*.

بيانو، جيوزيبي (١٨٥٨-١٩٣٢):

وهو رياضي إيطالي تميز بمحاولته بناء نظام رياضي صوري دقيق.

بيرس، ش. س. (١٨٣٩ - ١٩١٤):

فيلسوف أمريكي حديث، صاحب "بنية النظريات" (١٨٩١)، الذي أورد فيه أنه حين يدرس عالم الطبيعة الحديث أعمال جاليليو، فإنه يدهش من ضالة الحيز الذي تحتله الخبرة في إقامة أسس الميكانيكا، وأن جاليليو يلجأ، في المقام الأول، إلى الحس المشترك، وإلى النور الطبيعي أو *IL LUME NATURALE*، وأن جاليليو يفترض دوماً أن النظرية الحقيقية هي النظرية الأكثر بساطة، والأكثر طبيعية. (ش. س. بيرس، معمار النظريات، ١٨٩١، في كتابات مختارة، ص ١٤٥-١٤٦).

بيرنسييد، وليم :

وهو رياضي ومؤرخ نظرية المعادلات.

البيروني (٣٦٢ هـ - ٤٤٠ هـ - ٩٧٣ م - ١٠٥٠ م):

أبو الريحان محمد بن أحمد الخوارزمي ، رياضي وفلكي ولد في مدينة كاث، من ضواحي خوارزم. بعض المصادر والمراجع : معجم الأدباء، ٦، ٣٠٨، عيون الأنباء، ٢، ٢٠، بغية الوعاه، ٢٠، روضات الجنات، ١، ٦٨ و ٤، ١٧٩، ابن العبري، ٤٣٢، بروكلمان، ج ١، ٤٧٥، دائرة المعارف الإسلامية، ط ٢، ج ١، ص ٢٧٢، فصل "البيروني"، بقلم جاك بوالو، سوتر، ٢١٨، كراوس، ص ٤٧٢-٤٧٩ . من أعماله المهمة " القانون المسعودي، الآثار الباقية عن القرون الخالية، تاريخ الهند.

(ت)

تانرى، بول (١٨٤٣ – ١٩٠٤) :

مؤرخ العلوم الفرنسى ، صاحب كتاب "الهندسة الإغريقية" (١٩٨٨)، وحقق أعمال ديوفنطس، وشارك فى تحقيق أعمال فرما، وأعمال رنيه ديكارت، وجمعت مقالاته المتعددة فى ستة عشر جزءاً تحت عنوان "مذكرات علمية". قال إن الجبر العربى لم يتجاوز بشكل من الأشكال، المستوى الذى بلغه ديوفنطس، وقد راجع رشدى راشد هذه المدرسة ودحضها.

التحليل التوافيقي :

وهو التحليل الذى يعنى بدراسة طرق الاختيار سواء أكان ذلك بأخذ الترتيب بعين الاعتبار أم من دون ترتيب.

التحليل الديوفنطى :

ظهر كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى بأشكال مختلفة. وأسهم كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى فى تطوير الرياضيات فى القرن التاسع الميلادى :

١- أسس كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى تأسيساً أولياً لتوسيع الجبر العربى من دون العودة إلى التحليل الديوفنطس القديم؛

٢- اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى نحو أبحاث جديدة فى التحليل الديوفنطسى الحديث بالمعنى الذى صاغه باشيه دومزيرياك وبيار فرما فى القرن السابع عشر الميلادى.

فالأبحاث التى ولدتها قراءة ديوفنطس هى من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثروا أسلوباً مختلفاً عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخى الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثاً من المسائل العددية المكافئة فى معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة مندرجة $9 >$ وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعداداً نسبية موجبة وأعداداً صحيحة إذا أمكن، لكن لم تصغ أية شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعداداً نسبية موجبة. ولم تشر فى أية لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبياً (منطقاً)

أو أصمًا بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة إن كانت الأعداد نسبية أم لا ، فمن أجل البحث عن حل نسبي موجب وحسب.

التحليل العددي :

دراسة وتطبيق الطرق الخاصة بإيجاد حلول عديدة للمسائل العملية في حقول الهندسة والعلوم الإدارية.

التدوين :

بعد أن عرض السموأل للكسور العشرية واجه مسألة الكتابة الرمزية لهذه الكسور وعالجها بالتالي بطريقة غير مباشرة ، وقد توافق حل هذه المسألة كما أشار رشدي راشد، مع ابتكار الكسور العشرية. لكن هذا التدوين ، رمزياً كان أم كلامياً، كان يقضى بالاستجابة لتحديين:

١- إمكان التمثيل العشري المحدود أو غير المحدود لأي عدد حقيقي معروف ؛

٢- يتعلق دمج مجموعة الكسور العشرية بتطبيق مختلف عن التطبيق الحرفي.

التدوين الجبري :

شرط إمكان التدوين هو الاختبار في الكسور العشرية تبعاً لنظام التدوين في الجبر. لم يدع رشدي راشد دراسة التدوين الجبري في عصر السموأل ، إنما ذكر بأن أداة التعبير عن الجبر كانت الكلام بصورة أساسية. لكن حلت محل غياب التدوين الرمزي جزئياً "طريقة الجداول". ومبدأ ذلك بسيط ، إذ تدون كلامياً في سطر أول ، مختلف القوى xn ، حيث $n \in \mathbb{Z}$ ، وتكتب المعاملات على سطر ثان تحت الأول فيما يتعلق بكل عملية ، وتقع مجموعة قواعد تؤسس لإضافة سطور إضافية وإزاحتها.

التدوين الرمزي :

أداة التعبير في الجبر في اللغة العربية في الفترة الكلاسيكية، كانت الكلام بصورة أساسية. وكان التدوين الرمزي غائباً.

التدوين العشري :

توصل السموأل إلى جدول الكسور العشرية ، واعتمد الكتابة المستعملة في حالة كثيرات الحدود بالمعنى العريض ، وحصل على تمثيل عشري لأي عدد جبري ، واستطاع أن يطبق على هذه التمثيلات العمليات المعدة سابقاً لكثيرات الحدود بالمعنى العريض للحصول مرة واحدة على قواعد حساب الكسور. من هنا كان ابتكار هذا الجبر ضرورياً للتعبير العام عن الكسور العشرية.

ترتاجليا نيقولا فونتانا (١٤٩٩-١٥٥٧):

وهو رياضى إيطالى أسهم فى حل المعادلات التكعيبية من النوع : $x^3 + px = q$

تروفيك، جوهان :

مؤرخ الرياضيات المعاصر

التقريب :

نتيجة غير مضبوطة ولها درجة معينة من الدقة أوهى طريقة لإيجاد هذه النتيجة.

التقليد الحسابى :

هو أحد التقليديين الاثنين اللذين ارتبطا بالجبر، والصناعة العلمية، كما كان يقول الرياضيون والمفهرسون العرب.

التنوخى. أبوعلى المحسن :

لغوى عاش فى القرن الثالث عشر الميلادى، بحسب عمر رضا كحالة.

تيتلر، ج. :

كان تيتلر قد نوه بأهمية الكاشى فى تاريخ مسألة المعادلات العددية، قبل هنكل بنصف قرن من الزمان تقريباً. وكان اكتشاف سيديلوويككه قد ألقى ظلاً من الشك حول الرواية التقليدية لتاريخ مسألة المعادلات العددية. ومع ذلك كان هذا الشك، بالنسبة إلى رشدى راشد، ضمنياً، لأن النص الخاص بالرياضى شلبى (Shalabi) لا يحوى تحليلاً منهجياً لمسألة المعادلات العددية، بل يحوى النص الخاص بالرياضى شلبى (Shalabi) لا يحوى تحليلاً لحالة خاصة عن حساب القيمة التقريبية لجيب 1° (sin1) ربما لهذا السبب مرت أبحاث سيديلو وويككه مر الكرام، فى تاريخ الرياضيات. لكن يذكر شلبى الكاشى كأستاذة الجبرى من القرن الخامس عشر الميلادى.

(ث)

ثابت بن قرّة، بن مروان بن ثابت بن كرايا بن إبراهيم بن كرايا بن مارنيوس بن سلاما

مويوس (ت٩٠١م):

وكان صيرفيا بحران، استصحبه محمد بن موسى بن شاكِر، لما انصرف من بلاد الروم، لأنه رآه فصيحا، فوصله بالخليفة المعتضد، وأدخله في جملة المنجمين. واصل رئاسة الصابئة في هذه البلاد وبحضرة الخلفاء ثابت بن قرّة، وكان الحسابي الفيلسوف الحراني، رياضيا، ومهندسا، ومنجما، وطبيبا، وطبيعيا، وفلكيا، وموسيقيا، ومنطقيا، و مترجما، من النقلة المشاهير في القرن الثالث الهجري. وكما كان حنين بن اسحق رئيس النقلة النساطرة، هكذا كان ثابت بن قرّة رئيس جماعة أخرى من صابئة حران الوثنيين. وكان هؤلاء الصابئة من عبدة النجوم، ومن هنا كان لهم رغبة من عهد بعيد في الرياضيات والفلك. وكانت مدينتهم حران في عهد المتوكل مقر مدرسة الفلسفة والطب التي كانت من قبل في الإسكندرية، وانتقلت إلى أنطاكية، في هذا الوسط نشأ ثابت بن قرّة وتلاميذه. وإلى هؤلاء ينسب الفضل في نقل قسم كبير من كتب اليونان الرياضية والفلكية. ولقد تولى أعمال ثابت من بعده ابنه سنان وحفيده ثابت وإبراهيم. وكان معاصرا ليعقوب الكندي وقسطا بن لوقا. له "الذخيرة في علم الطب"، ومن أهم الترجمات التي أنجزها بن قرّة إلى اللغة العربية "المقالات الثلاث الأواخر من كتاب المخروطات لأبولونيوس، وكتاب المجسطي لبطليموس، وكتاب الأصول في الهندسة لأقليدس. من مراجعه : ابن النديم، الفهرست، ص ٢٧٢، ابن خلكان (ت ٦٨١هـ /١٢٨٢م)، ١، ١٢٤، ٣١٣-٣١٥، عيون الأنباء، ١، ٢١٥، ٢١٧، ٢، ١٩٣-١٩٤، ابن العبري، ٢٦٥، القفطي، تاريخ الحكماء، ص ٨٤، ١٢٠، ١٢٢، ١١٦، ٢٤٦، الشهرستاني، الملل والنحل، ج٣، ص ٢١، ٤٣، السبكي، طبقات الشافعية، ج٣، ص ٢٧، صاعد الأندلسي، طبقات الأمم، ص ٤٧، ٤٨، فيليب حتى، تاريخ العرب، ج٢، ص ٣٨٩-٣٩٠ .

الثورة الديكارتية :

ثورة رنيه ديكارت في القرن السابع عشر في الرياضيات.

(ج)

جاليليو، جاليلي (١٥٦٤-١٦٤٢):

وهو فيزيائي إيطالي صاحب اكتشاف حركة البندول، وافترض سقوط الأجسام كحركة متسارعة منتظمة.

الجبر العربي :

هو جنس من العظمة والعلو والاستقامة، ومنه أيضا الإصلاح كإصلاح العظم المكسور، وفي اللغة اللاتينية *restaurare* أى الإرجاع والإعادة ومنه الإصلاح، وأورد إخوان الصفا عبارة "جبر عددا جبرا"، والقلصادى "جبر كسرا أو معادلة وإن كان المفروض فى المسألة كسر من مال فاجبره إلى مال واجبر الجذور والأعداد بتلك النسبة"، وابن البناء "الجبر هو الإصلاح والمراد من الجبر معرفة ما يضرب من عدد ما فيأتى منه المطلوب، ولا يكون الجبر إلا من القليل إلى الكثير"، والجبر هو تكميل جزء معلوم ليساوى معلوما"، وفي هذا التصور يتبع الفعل جبر بحتى مثاله : اجبر $3/4$ حتى $7/6$ ، ولذلك يكفى أن تضرب $4/3$ فى $6/7$ ، والجبر فى الاصطلاح إزالة حرف الاستثناء ورده فى المعادل من الجهة الأخرى، كما أورد القلصادي، وإن كان فى المسقط استثناء جبرته به وزدت مثل ذلك على المسقط منه"، كما أورد الكاشي، ومثاله : $أ - (ب - ج) = (أ + ج) - ب$ ، و"معنى الجبر أن يكون معك جملتان، وفى احدى الجملتين استثناء نقصان المستثنى ليذهب من الاستثناء ويزاد مثل المستثنى على الجملة الثانية لتبقى المعادلة بينهما"، كما أورد الكاشي، وكان كتاب الخوارزمى أول كتاب عربى فى هذا العلم عنوانه الكامل "كتاب الجبر والمقابلة"، وكرر معظم علماء الجبر فى اللغة العربية هذا الاسم، حرفياً.

الجبر الكلاسيكى :

يروى تاريخ الجبر الكلاسيكى ثلاثة أحداث متتابعة وكأنها منفصلة وهى : تشكيل نظرية المعادلات التربيعية أو الخوارزمي، والحل العام تقريبا للمعادلة التكعيبية أو رياضيو المدرسة الإيطالية وبصورة خاصة ترتاجليا وكاردان، وإدخال وتوسيع العلامات الجبرية أوفيات ورنيه ديكارت. أما رشدى راشد فقد ربط تاريخ الجبر بالحساب الجبرى المجرد. لكن ترجع هذه الصورة الكلاسيكية إلى أن جبر الكَرَجى والخيام والكاشى تبدو وكأنها رياضيات صورة غير رياضية. لذلك عاد رشدى

راشد إلى التقاليد الرياضية نفسها كى يدعم فكرة أن الجبر الكلاسيكى قد تجدد من نفسه منذ نهاية القرن العاشر الميلادي.	
الجذر التربيعى :	
هو العدد الذى ربع أنتج العدد الأصلي.	
الجذر التكعيبي:	
هو العدد الذى كعب أنتج العدد الأصلي. فمثلا الجذر التكعيبي للعدد ٨، هو العدد ٢، لأن: $2^3 = 8$	
الجرشي، نيقوماخوس (٢٠٠ م) :	
منذ ترجم ثابت ابن قرة "مقدمة الحساب" لنيقوماخوس الجرشي، والحسابيون العرب يعرفون جدول الأعداد المضلعة كما صاغها ابن قرة فى ترجمته.	
جريم، يعقوب (١٧٨٥-١٨٦٣) :	
عالم اللغة الجرمانية ومقارنة الأطوار التى مرت بها هذه اللغات والأساطير والثقافة الشعبية.	
جمبليك (نحو ٢٥٠ – نحو ٣٢٥) :	
فى سياق مبرهنة ثابن بن قرة وحساب الأعداد المتحابة، أرجع جمبليك الأعداد المتحابة إلى فيثاغوراس، كما رد بن قرة نفسه.	
الجهشاري، أبو عبد الله محمد بن عبدوس :	
أحد مؤرخى عصر الخلافة العباسية.	

(ح)

الحجاج، بن يوسف بن مطر الحاسب (٨٠٠ م) :

يقال إنه هو الذى ترجم "المجسطي"، وإنه أتمه حوالى سنة ٨٢٧م، أى بعد سقوط البرامكة بزمان طويل وبعد موت هرون الرشيد، ويقال إن هذا المترجم نفسه قد وضع ترجمة عربية لكتاب "الأصول" لإقليدس.

حران :

مدينة قديمة تقع شمالى أرض الجزيرة، بالقرب من منابع نهر "البليخ" أحد روافد نهر الفرات على خط طول ٣٩ شرقا وعرض ٣٧ شمالا وغربى مدينة رأس عين، وشمالى مدينة الرقة وإلى جنوب غرب مدينة الرها ويقرب عمرها الآن أكثر من ثلاثة آلاف سنة. وقد عرفت حران عند العرب الوثنيين باسم حران أو أران.

الحساب الإقليدى :

ظهرت أهمية تصور الأعداد الأولية فيما بينها متنوعة بالأعداد الأولية التى أكد إقليدس وجودها ولاتناهيها فى المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لإقليدس. ليس هناك ما يدعو للبحث عن مبرهنة ليست مبرهنة أساسية فى بنية المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لإقليدس، ولا تخدم تطبيقات أخرى أساسية. تلك هى حالة مبرهنة الحساب الأساسية. وإذا كانت هذه المبرهنة قد ظهرت فذلك عائد إلى إعداد هذه الدراسة عن القواسم وإلى إدخال الوسائل التوافقية الضرورية، فى حين أن كل الشروط المطلوبة لبرهانها كانت فى كتاب الأصول. لقد فرضت هذه المبرهنة نفسها إذن للتأسيس التطبيقى الوسائل الجبرية على الحساب الإقليدي.

الحساب التقليدى :

الحساب القبل كلاسيكي، أى الذى يقع فى إطار ما قبل التجديد فيما بين القرن التاسع الميلادى والقرن السابع عشر الميلادى.

الحساب الجبرى :

تطبيق الحساب على الجبر

الحساب الكلاسيكى :

الحساب الواقع بين القرن التاسع الميلادى والقرن السابع عشر الميلادى.

حساب المثلثات :

فرع من فروع الرياضيات يدرس العلاقات بين أضلاع وزوايا المثلثات والخصائص والتطبيقات العملية للدوال المثلثية، وينقسم حساب المثلثات إلى فرعين : حساب المثلثات المستوية، ويتعامل مع أشكال تقع بأكملها فى مستوى واحد، وحساب المثلثات الكروية، ويتعامل مع المثلثات التى تعتبر جزءا أو مقطعا من سطح كرة.

حساب المجهولات :

هى التسمية التى أطلقت على الجبر فى القرن الحادى عشر الميلادى وتجديده لدى الكرجى والسموأل.

الحساب الهندى :

لكى يبين الإقليدسى أهمية الحساب الهندى، كتب يقول إن أكثر الحُساب مضطرون إلى العمل بالحساب الهندى لما فيه من الخفة والسرعة وقلة الحفظ.

الحساب الهلنستينى :

يقع ثابت بن قرّة ضمن تقليد الحساب الهلينستى. فقد ترجم إقليدس ونيقوماخوس الجرشي. وأدرك نظرية للأعداد المتحابّة ، وأبحاثه حول الأعداد التامة واكتشافه فى حقل الأعداد المتحابّة ، وأعمال أتباعه (كالبغدادى، تمثيلا لا حصرا) تندرج جميعها ضمن هذا الاتجاه الحسابى الهلينستى. وبينما كان هذا الاتجاه الحسابى الهلينستى كغيره من الاتجاهات الحسابية الباقية هدفاً لتنشيط كثيف انشغل علماء الجبر بتوسيع بل بتجديد الجبر.

الحلول الجذرية هى الحلول القانونية:

وهى الحلول التى أنتجها الرياضيون من خلال حل المعادلات العددية، والتى تتعلق، بنحو خاص، بالطريقة المسماة باسم "طريقة فيات أو طريقة روفيني-هورنر".

الحلول القانونية هى الحلول الجذرية:

وهى الحلول التى أنتجها الرياضيون من خلال حل المعادلات العددية، والتى تتعلق، بنحو خاص، بالطريقة المسماة باسم "طريقة فيات أو طريقة روفيني-هورنر".

حنين، بن اسحق العبادى (٥٢١٥-٥٢٩٨ وقال ابن الأثير : ٥٢٩٩ / ٨٠٩م-٩١٠م):

الطبيب المشهور، ويعتبر أحد مشاهير النقلة الذين مثلوا على حركة الترجمة فى القرن الثالث الهجري/التاسع الميلادي. لقد أتقن حنين العبادى أربع لغات هى : السريانية، والعربية، واليونانية، والفارسية. وكان يراجع ترجمة حبيش بن الحسن الاعسم، تمثيلاً لا حصراً. كان واحداً من أربعة نقلة، نالوا شهرة فائقة فى نقولهم المختلفة إلى العربية : يعقوب بن اسحق الكندي، وثابت بن قرة الحراني، وعمر بن الفرخان الطبري، وحنين بن اسحق العبادي. وأكثر كتب الحكماء والأطباء كانت بلغة اليونان، فعربت، وكان حنين أشد الجماعة اعتناء بتعريبها. وقال حنين بن اسحق إنه لم يكن قد ترجم "مقالة أسماء كتب جالينوس" إلى اللغة السريانية بعد، ترجمها ابنه اسحق. وأما إلى العربية فبعد ترجمتها لأبى الحسن احمد بن موسى، ولم يعلم أن أحداً ترجمها غيره. وترجم كتاب أفليدس الفيثاغوري، وكتاب أرسطوطاليس "فى العبارة"، وكلّيات أرسطوطاليس، ومقالات فلسفية لابن سينا والفارابى والغزالي وابن العبرى وابن العسال، وترجم من اليونانية إلى العربية، السياسة لأفلاطون، والنواميس لأفلاطون، والمقولات لأرسطو. أنظر كتاب الباحثة الفرنسية المعاصرة : مريم سلامة-كار، "الترجمة فى العصر العباسي، مدرسة حنين بن إسحق وأهميتها فى الترجمة"، ترجمة د. نجيب غزاوي، دراسات أدبية عربية، منشورات وزارة الثقافة، سورية، دمشق، ١٩٩٨ .

(خ)

الخازن، أبو جعفر :

أسهم في التحليل الديوفنطسي في القرن العاشر الميلادي. ظهر كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسي في القرن التاسع الميلادي بأشكال مختلفة. وأسهم كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسي في القرن التاسع الميلادي في تطوير الرياضيات في القرن التاسع الميلادي :

١- أسس كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسي تأسيساً أولاً لتوسيع الجبر العربي من دون العودة إلى التحليل الديوفنطس القديم؛

٢- اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسي نحو أبحاث جديدة في التحليل الديوفنطسي الحديث بالمعنى الذي صاغه باشيه دومزيرياك وبيار فرما في القرن السابع عشر الميلادي.

فالأبحاث التي أثارها قراءة ديوفنطس هي من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثروا أسلوباً مختلفاً عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخي الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثاً من المسائل العددية المكافئة في معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة مندرجة >9 وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعداداً نسبية موجبة وأعداداً صحيحة إذا أمكن ، لكن لم تصغ أية شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعداداً نسبية موجبة. ولم تشر في أية لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبياً (منطقاً) أو أصماً بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة إن كانت الأعداد نسبية أم لا، فمن أجل البحث عن حل نسبي موجب وحسب.ومن مراجع الخازن: أخبار الحكماء، ٢٥٩

الخوارزمي، أبو عبد الله محمد بن موسي (القرن التاسع الميلادي):

وهو منسوب إلى عاصمة من عواصم خراسان هي خوارزم، وهي مدينة خيوة اليوم، جنوب بحيرة آرال. عايش المأمون (١٩٨ / ٨١٣ ، ٢١٨ / ٨٣٣)، وتوفي الخوارزمي حوالي سنة ٢٣٢ / ٨٤٦.

الخيّام، أبو الفتح عمر بن إبراهيم الخيامى النيسابورى (١٠٤٨ – ١١٢٢) :

جمع الرياضيون بين بعض الأدوات فى حل المعادلات العددية والجبر ، وإلى أن ذلك عاد إلى تيارين فى القرن الحادى عشر الميلادى كانا يهدفان إلى تحديد الجبر وتوسيع مجاله :

١- تطبيق الحساب على الجبر ، ومحاولات غير مباشرة لتوسيع مفهوم العدد. وأضافت أعمال الكرجى المتنوعة بأعمال أتباعه أمثال السموأل إلى المسألة التى نحن بصددّها أول مجموعة من الأدوات ؛

٢- التقدم بالجبر من خلال الهندسة. وقد قادت الدراسة الجبرية إلى المنحنيات وتأسست الهندسة الجبرية. وقد تميّز هذا التيار باسمى عمر الخيّام وشرف الدين الطوسى ، وشكل المجموعة الثانية من الأدوات المطلوبة ، وصار بالإمكان طرح مسألة المعادلات العددية.

من هنا نشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية. وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادى. وقد ألحت عليه فكرة تحقيق رسائل الخيام عندما كشف لأول مرة عن أعمال شرف الدين الطوسى وأهميتها البالغة فى تاريخ الهندسة التحليلية أو تاريخ الهندسة الجبرية. فعند تحقيقه لكتاب شرف الدين الطوسى كان كثيراً ما يعود إلى آثار الخيام لتحديد أثره ولتعيين تجديد شرف الدين الطوسى نفسه.

(د)

الدالة اللوغارتمية Log (بدور L كبيرة):

استعملها يوهانز كيلر (١٥٧١-١٦٣٠) في عام ١٦٢٤ في كتابه *Chilias logarithmorum*، وذلك كما أورد فلوريان كاجوري في كتابه "تاريخ الرياضيات" (نيويورك، ماکملان، ١٨٩٣، ج٢، ص ١٠٥). \log (بدور، l صغيرة) استعملها بونافونتورا كفاليري (١٥٩٨-١٦٤٧) في كتابه *Directorium generale Vranometricum (1632)*، كما أورد كاجوري في كتابه سالف الذكر (ج٢، ص ١٠٦)، وأورد كلاين في كتابه أن ليبينتز أدخل الرمز $\log x$ (من دون دور)، لكن من دون أن يذكر المصدر، والرمز \ln في اللوغاريتم الطبيعي، استعمله إزفينج سترينجهام (١٨٤٧-١٩٠٩) في عام ١٨٩٣ في كتابه *Uniplanar Algebra*، كما أورد كاجوري، في كتابه سلف الذكر (ج٢، ص ١٠٧). واستعمل ولیم وجترید (١٥٧٤-١٦٦٠) علامة سالبة على خاصية لوغاريتم في كتابه "مفتاح الرياضيات"، عدا في الطبعة عام ١٦٣١ التي لم يذكر فيها اللوغاريتمات، كما أورد كاجوري في كتابه سالف الذكر (ج٢، ص ١١٠)، وكان ولیم وجترید قد أعد كتابه حوالى عام ١٦٢٨ ونشره عام ١٦٣١، وذلك كما أورد ديفيد يوجن سميث في كتابه عام ١٩٥٨ عن "تاريخ الرياضيات الحديثة"، ط٤، ١٩٠٦، ص٣٩٣، ويذكر كاجوري استعمالا من الطبعة عام ١٦٥٢ من كتاب "مفتاح الرياضيات" لولیم وجترید.

دالمبير، جون لورون (١٧١٧-١٧٨٣):

وهو رياضي، وفيلسوف، وفيزيائي فرنسي حديث

دسليير، رنيه فرونسوا :

رياضي من القرن السابع عشر الميلادي، نسب إليه توسيع التحليل التوافقي وتفسيره.

دوبيز، ليونارد، المعروف بفيبوناتشي (نحو ١١٨٠-نحو ١٢٥٠):

وهو رياضي، وله متوالية تحمل اسمه هي متوالية فيبوناتشي، ومتوالية فيبوناتشي (un) يعرفها فيبوناتشي، من خلال التكرار، بما يلي : $u0 = u1 = 1$ وبالنسبة لكل عدد تام طبيعي، $un+2 = un+1 + un$ ، وحاصل القسمة $un+1 / un$ تقارب العدد الذهبي .

دوركيم، إميل (١٨٥٨-١٩١٧) :

هو أبرز من واصلوا عمل أوجست كونت في علم الاجتماع، وكتابه الرئيسي عنوانه "قواعد المنهج الاجتماعي"، باريس، ألكان، ١٨٦٥، ط٢، ١٩٠١ .

دوشال، ش. :

نسب إليه حل المعادلات العددية

دوميزريك، بشيه (١٥٨١ - ١٦٣٨) :

لم يتمكن من صياغة الاستقراء الرياضي صياغة تجريدية ومتماسكة تماما.

دوموافر (١٦٦٧ - ١٧٥٤) :

رياضي انجليزي من أصل فرنسي استخدم الاستقراء الغير التام وأهم انجازاته هي النظريات التي وضعها حول تفكيك الدوال في حساب المتلثات .

دوسونتي، جون توسان (١٩١٤-٢٠٠٢):

وكان رياضيا وفيلسوفاً فرنسياً، وله "المدخل إلى تاريخ الفلسفة"(١٩٥٦)، و"الظواهريات والممارسة"(١٩٦٣)، و"المثل الرياضية، بحوث إبستمولوجية في تطور نظرية دوال المتغيرات الحقيقية"(١٩٦٨)، و"الفلسفة الصامتة أو نقد فلسفات العلم" (١٩٧٥)، و"المدخل إلى الظواهريات"(١٩٧٦)، وقدم للكتاب المرجعي "مراحل الفلسفة الرياضية"(١٩٧٢) لليون برانشفيج، ولكتاب "منهج المصادر والشكلانية : محاولة في أساس الرياضيات"(١٩٨١)، ولكتاب "تاريخ العقل" لفرونسوا شاتليه، وغيرها من الكتب المهمة في تاريخ العلوم وفلسفتها.

دوهيم، بيار موريس (١٨٦١-١٩١٦) :

فيزيائي فرنسي كاثوليكي ومؤرخ العلوم والداعية الرئيسي لفلسفة المعرفة المعروفة باسم الاتفاقية *conventionalisme*، وقد قرر أن الحقيقة الخارجية موجودة، لكننا نقدر أن ندرس الظواهر وحسب، وليس بالإمكان التحقق من صحة وجهة النظر الميتافيزيقية، وأن هدف العلم ليس التفسير بالمعنى المقصود في تمييز صحة وجهة النظر الميتافيزيقية، وأن العلم لا بد له أن يتخلى عن الفكرة القائلة بزيادة التفسيرات بعمق ميتافيزيقي معين، وأن هدف العلم هو أن يكشف عن الانتظام في العالم، وأن يعبر عن هذا الانتظام في لغة القوانين، وأن القوانين العلمية لا بد أن ننظر إليها بوصفها طريقة "الأشياء" في الوجود الفعلي، لأن القوانين العلمية عبارة عن أيد قصيرة مناسبة حقيقية، وأن بإمكان

القوانين العلمية أن تستعمل الرياضيات، لكن الرموز الرياضية في المعادلات لا يعنى بالضرورة أى شيء فعلى، وأن العلم لا يفسر القوانين التجريبية أبداً، بل يؤسس العلم لفهم النظام المنطقى للأشياء، ولتقديم توقعات دقيقة ومفيدة، وأنه لا ينبغى الحكم على نظرية من النظريات من خلال قدرتها أو عجزها عن تفسير الواقع، بل نحكم على النظرية وفقاً لكيفية فهمها لترتيبها الملاحظات، ووفقاً لكيفية فهمها ظهور العالم، وأنه لا بد للعلماء أن يجتنبوا الأوصاف التى تعتمد النماذج الآلية فى تفسير الواقع، فالنماذج الآلية توحى وحياً خاطئاً بأن لدينا فهماً عميقاً وحقيقياً لاتصال الواقع، وأن الأوصاف لا بد أن تبقى مجردة، وأن القوانين العلمية اتفاقية وحسب، فإن كل علم من العلوم يرثه الفرد فى مجتمع من المجتمعات يعتمد على عادة جماعية أو على التواضع *CONVENTIONAL*. فالعلامات الدالة على آداب السلوك، تمثيلاً لا حصراً، وهى تحمل غالباً صيغة تعبيرية طبيعية (تحية الصينيين الذين يسجدون أمام أباطرتهم، تمثيلاً لا حصراً)، تضبطها قاعدة جماعية تقضى باستعمال تلك العلامات. ولا تفرض قيمة تلك العادات فى حدها أو ذاتها استعمال هذه العلامات أو تلك. وقرر بيار دوهم كذلك أن العلم الجيد هو الذى يؤدى إلى القوانين المهمة والدقيقة تماماً، والتصور الخاطئ هو أن الإغراء الذى يمارسه التصور فى عيون العلماء، والذى يقول بأن تلك القوانين تمثل الواقع الأساسى، أن هذا الإغراء هو إغراء وحسب، أى أنه وهم يراود البعض. وقد وردت هذه الآراء المقتضبة فى "نظام العالم، تاريخ العقائد الكونية من أفلاطون إلى كوبرنيكوس"، باريس، هرمان، ١٠ جزء، ١٩١٣-١٩٥٩. قال بيار دوهم فى كتابه "نظام العالم" (باريس، ١٩٦٥)، عن العلم العربى، إن العلم العربى اقتصر على إعادة إنتاج التعاليم الموروثة عن العلم اليونانى.

دوهرنج، يوجن (١٨٣٣-١٩٣١):

وهو فيلسوف ألمانى وعالم من علماء الاقتصاد صاحب "التاريخ النقدى للمبدأ الكلى للميكانيكا" (١٨٧٣).

دومستر، يوسف (١٧٥٤-١٨٢١):

فيلسوف فرنسى سياسى، عبرت مؤلفاته عن الاتجاه المعادى لأفكار الثورة الفرنسية.

ديديه (الأب):

وهو أب ورياضى صاحب "حساب المهندسين، أو عناصر الرياضيات الجديدة"، باريس، ١٧٣٩، تنسب إليه القضية التى سبقه إليها كمال الدين الفارسي.

ديكارت، رنيه (١٥٩٦-١٦٥٠):

وهو رياضى وفيلسوف فرنسى أسهم فى تطوير الهندسة التحليلية.

ديودونيه، جون (١٩٠٦ - ١٩٩٢) :

رياضى فرنسى معاصر، بحث فى ميدانَ الطوبولوجيا، والجبر، وأسهم فى تحرير "عناصر الرياضيات" لبورباكي.

ديوفنطس (نحو القرن الثالث الميلادي) :

حقق رشدى راشد وقدم "لديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة الجبر، ترجمة قسطا بن لوقا" (١٩٧٥) و"الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و"الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و"ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و"ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و ٦ و ٧" (١٩٨٤) و"كتاب ديوفنطس الاسكندراني فى علم العدد" (١٩٨١)، وذلك من بعد تحقيق بول تانرى وتوينر فى ليبزيغ فى ألمانيا عامى ١٨٩٣-١٨٩٥ لمجموع أعمال ديوفنطس اليونانية وترجمتها إلى اللغة اللاتينية. وتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندراني مشروع رشدى راشد فى كتابة تاريخ الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها، ويمثل احدى علامته البارزة. وقد ارتبط ديوفنطس بمدارات المدرسة الرياضية فى الإسكندرية، وتاريخ الحساب العددي، وأسس ما سمي بالتقريب الديوفنطسي، والمعادلات الديوفنطسية، وهى لا تنفصل عن ما سمي بمسائل هلمبرت، ونظرية الأعداد، والكتابة الرمزية الرياضية، والأعداد الخيالية.

(ر)

رابينوفيتش، ن :

مؤرخ الرياضيات المعاصر الذى أرجع الاستقراء الرياضى إلى ليفى بن جرسون.

رسل، برتراند آرثر وليم (١٨٧٢-١٩٧٠):

رياضى وفيلسوف إنجليزى معاصر، له "مبادئ الرياضيات"، ١٩٣٠، ١٩٣٧ ط٢، مع أ.ن. وايتهد) "المبادئ الرياضية"، ١٩١٠-١٩١٣، ١٩٢٥-٢٧ ط٢، "مسائل الفلسفة"، ١٩١٢، ١٩٤٨، ط٢٠، "معرفتنا بالعالم الخارجى كمجال المنهج العلمى فى الفلسفة"، ١٩١٤، "المدخل إلى الفلسفة الرياضية"، ١٩١٩، "تحليل العقل"، ١٩٢١، "مستقبل الحضارة الصناعية"، ١٩٢٣، "أوليات النسبية"، ١٩٢٥، "تحليل المادة"، ١٩٢٧، "وجهة النظر العلمية"، ١٩٣١، ١٩٤٩، ط٢، الترجمة الألمانية عام ١٩٥٣ تحت عنوان : "زمن العلم الطبيعى القديم"، "السلطة" (التحليل الاجتماعى الجديد)، ١٩٣٨، "بحث فى الدلالة والحقيقة"، ١٩٤٠، "تاريخ الفلسفة الغربية"، ١٩٤٦، "الفيزياء والخبرة"، ١٩٤٦، "الدين والعلم"، ١٩٤٧، "المعرفة البشرية" (مجالها وحدودها)، ١٩٤٨، "السلطة والفرد"، ١٩٤٩، "أخلاق المجتمع البشرى وسياسته"، ١٩٥٤ .

الرازي، أبو بكر محمد بن زكريا (ت بين عامى ٣١١-٣٢٠م-٩٢٣-٩٣٢م):

وهو الذى عرفه الكتاب اللاتين فى العصر الوسيط باسم *RAZES*، بحث فى الطب، والموسيقى، والفلسفة، والأدب، وبحث رشدى راشد عن "تصور اللامتناهى فى عصر الرازي"، فى أعمال مؤتمر الرازي، فى القاهرة، عام ١٩٧٧، كما بحث رشدى راشد فى الفلسفة الرياضية، لدى الرازي.

رايشنباخ. هانس (١٨٩١-١٩٥٣):

رياضى وفيلسوف ألمانى معاصر له "تصور الاحتمال فى العرض الرياضى للواقع"، فى "كتابات فى الفلسفة والنقد الفلسفى"، ١٩١٦-١٩١٧، و"الافتراض الطبيعى فى الاحتمال"، فى "العلوم الطبيعية"، ٨، ١٩٢٠، "نظام مصادرات نظرية الزمكان النسبية"، ١٩٢٠، من كوبرنكوس إلى أينشتاين، ١٩٢٧، "الميتافيزيقا والعلم الطبيعى"، فى المؤتمر، ١، ١٩٢٧، "فلسفة نظرية الزمكان"، ١٩٢٨، "النقد الفلسفى للاحتمال"، فى "العلوم الطبيعية"، ١٨، ١٩٢٩، الذرة والكون، "صورة العالم الطبيعية المعاصرة"، ١٩٣٠، "العلية والاحتمال"، فى "المعرفة"، ١، ١٩٣٠/١٩٣١، "الهدف

والطريق في فلسفة الطبيعة الراهنة"، ١٩٣١، "نظرية الاحتمال"، ١٩٣٥، "الخبرة والتوقع"، ١٩٣٨، ١٩٤٩، ط٣، "الأسس الفلسفية لميكانيكا الكم"، ١٩٤٤، "الفلسفة والفيزياء"، ١٩٤٨، "العقلانية والتجريبية" ("بحث في طرق الخطأ الفلسفي")، في "المجلة الفلسفية"، ٥٧، ١٩٤٨، "تطور الفلسفة العلمية"، ١٩٥١.

روبيرفال، جيل برسون دو (١٦٠٢-١٦٧٥):

وهو رياضى وفيزيائى فرنسى بحث فى المنحنيات والدوائر المتماسة.

روبنسون، أبراهام (١٩١٨-١٩٧٤):

وهو رياضى ألمانى أمريكى بحث فى المنطق الرياضى.

رودولف، كريستوف (١٥٠٠-١٥٤٥):

وهو رياضى ألمانى بحث فى الحساب.

روزنبرج، فرديناند (١٨٤٥-١٨٩٩):

وهو المؤرخ الألمانى للعلوم الطبيعية، عرف بخاصة بكتابه "تاريخ الفيزياء" (٣ أجزاء، ١٨٨٣-١٨٩٠).

روفيني، باولو (١٧٦٥-١٨٢٢):

وهو رياضى وطبيب وسياسى إيطالى صاحب "التأملات حول حل المعادلات الجبرية العامة" (١٨١٣).

الرياضيات الكلاسيكية :

هى الرياضيات التى تطورت من القرن التاسع الميلادى إلى القرن السابع عشر الميلادى.

الرياضيات الهلنستية :

هى الرياضيات التى أورثت الرياضيات الكلاسيكية تطبيق الجبر على نظرية الأعداد.

رينان، أرنست (١٨٢٣-١٨٩٢) :

ليس رينان من أنصار أوجست كونت مثل تين معنى ودرجة، بل هو ينقد كونت بقسوة، ولكنه يشترك وإياه فى أنه يسوده ويشيع فى نفسه إيمان عصره بالمقدرة الكبيرة التى للعلم الوضعى وللمنهج العلمى وللتجربة وقوانين الطبيعة. له "حياة المسيح" (١٨٦٣)، و"مستقبل العلم" (١٨٤٨).

ويتبع أرنست رينان نظرة اللغويين الألمان كما يقتبس عباراتهم، في الكلام على امتناع اللغات السامية على التجريد.

(ز)

زویتن، هیروینموس جیورج (۱۸۳۹–۱۹۲۰):

وهو رياضى دانمركى بحث فى الهندسة التحليلية.

(س)

سار، ميشيل (١٩٣٠-):

مؤرخ العلوم والفيلسوف الفرنسي المعاصر، صاحب "نظام ليبنيتز ونماذجه الرياضية"، جزآن، ١٩٦٨، "هرمس"، ٥ أجزاء، ١٩٦٩-١٩٨٠، "نشأة الفيزياء في نص لوقريس"، ١٩٧٧، 'عناصر تاريخ العلوم"، ١٩٨٩، "أصل الهندسة"، (كتاب التأسيس الثالث)، ١٩٩٣، "أسطورة الملائكة"، ١٩٩٣.

سارتون، جورج (١٨٨٤-١٩٥٦) :

مؤرخ العلوم المعاصر صاحب "الحرب والحضارة" (١٩١٩)، و "ببيلوغرافيا تركيبية وإحالات خاصة إلى تاريخ العلم" (١٩٢٠) و "إيمان إنساني" (١٩٢٠)، و "مدخل إلى تاريخ العلوم وفلسفتها" (١٩٢١)، و "تعليم تاريخ العلم" (١٩٢١)، و "هربرت سبنسر" (١٩٢١)، و "مواد تاريخ الفن الأسوي" (١٩٢٣)، و "حول التسامح الفكري" (١٩٢٦)، و "مدخل إلى تاريخ العلم"، ٣ أجزاء، ١٩٢٧، ١٩٧٥، ط٤، (بالاشتراك مع آخرين)، "حضارة النهضة"، ١٩٢٩، "تاريخ العلم والإنسانية الجديدة"، ١٩٣١، ١٩٦٢، ط٥، "تاريخ العلم ومشكلات اليوم"، ١٩٣٦، "دراسة تاريخ العلم"، ١٩٣٦، ط٢، ١٩٥٧، "دراسة تاريخ الرياضيات"، ١٩٣٦، ط٣، ١٩٥٧، "مجلد في دراسات تاريخ الرياضيات وتاريخ العلم"، ١٩٣٦. وفي اللغة العربية، جورج سارتون، العلم القديم والمدنية الحديثة، ترجمة عبد الحميد صبره، النهضة المصرية، القاهرة، ١٩٦٠.

سافاج، ليونار ج. (١٩١٧-١٩٧١) :

رياضي صاحب "أسس الإحصاء" (١٩٥٤).

سان-سيمون (١٧٦٠-١٨٢٥) :

مهد الطريق إلى الوضعية التجريبية

سترويك، جان ديرك :

رياضي معاصر صاحب "مرشد الأمهات في الرياضيات، ١٢٠٠-١٨٠٠"، كمبردج، ١٩٦٩.

ستيفل ، ميخائيل (١٤٨٦-١٥٦٧):

وهو راهب وجبرى ألمانى حديث.

ستيفن ، سيمون (١٥٤٨-١٦٢٠):

وهو رياضى ومهندس فلمندي، ارتحل بين بروسيا، وبولندا، والنرويج، وبحث فى الحساب والجبر.

سعيدان ، أحمد سليم ، (١٩١٤-):

رياضى ومؤرخ الرياضيات الفلسطينى المعاصر. ولد فى صفد فى فلسطين، ودرس فى الكلية العربية فى القدس، وحصل البكالوريوس فى الرياضيات من الجامعة الأمريكية فى بيروت عام ١٩٣٤، وبكالوريوس بدرجة الشرف من جامعة لندن ثم حصل على الماجستير والدكتوراه. عمل فى التدريس فى فلسطين والسودان وفى الجامعة الأردنية وتولى عمادة كلية العلوم فى أبوديس فى القدس. بحث فى تاريخ علم الرياضيات عند العرب بعامة وحقق البحث الجبرى فى "الفصول فى الحساب الهندى" للأقليدسى، أبو الحسن أحمد بن إبراهيم، فى إطار تاريخ علم الحساب العربى (ج٢، عمان، اللجنة الأردنية للتعريب والنشر والترجمة، ١٩٧٣)، بخاصة. فى "الفصول" كشف سعيدان عن فكرة الكسور العشرية، قبل الكاشى فى كتابه "مفتاح الحساب". وهو التأريخ الذى أعاد رشدى راشد النظر فيه إعادة جذرية.

السجزي، أحمد بن محمد بن عبد الجليل (٩٧٠ م) :

فى القرن التاسع الميلادى، أحرز إنشاء الإسطرلابات واستخدامها تقدما متفردا. وقد أشار الطلب المتزايد مضاعفة الأبحاث حول الإسقاطات بغرض إنشاء الإسطرلابات. وانكب الرياضيون أمثال الكندى وبنو موسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزي وغيرهم ، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الإسطرلاب ، وعلى طريقة الإسقاطات.

السموأل، بن يحيى بن عباس المعروف بالمغربى (ت نحو عام ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)

سنان بن الفتح :

أحد الرياضيين الذين طوروا فى اللغة العربية الحساب الجبرى ونظرية المعادلات والتحليل، قبل ترجمة حساب ديوفنطس.

سوتر، هنريش :

مستشرق سويسرى اختص بتاريخ الرياضيات العربية، وهو صاحب الكتاب الرائد عن "علماء الرياضيات والفلك لدى العرب وأعمالهم" (١٩٠٠) :
Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke, Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1900. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit einschluss ihrer Anwendungen. X. Heft. Zugleich Supplement zum 45. Jahrgang der Zeitschrift für Mathematik und Physik. Hrsg. Von R. Mehmke und M. Cantor.

سيديللو، لويس بيار :

وهو مؤرخ الفلك المعاصر، صاحب "مقدمات للجداول الفلكية"

السيوطي، جلال الدين (٨٤٩-٩١١):

هو عالم فى التفسير، واللغة، والحديث، والفقه، والنحو، والمعاني، والبيان، والبديع، على طريقة العرب البلغاء لا على طريقة العجم، على حد تعبيره، وكان عالماً فى أصول الفقه والجدل والتصريف والإنشاء والترسل والفرائض والقراءات والطب والحساب، وكان الحساب أعسر شيء عليه، وكره المنطق لما سمع الإفتاء بتحريمه. ومن مصادره : الضوء اللامع، ٤ / ٦٥؛ ما كتبه فى حسن المحاضرة، ١ / ١٨٨؛ ط ١٢٩٩؛ النور السافر، ٥٤-٥٧؛ الكواكب السائرة، ١ / ٢٢٦-٢٣١؛ شذرات الذهب، ٨ / ٥١-٥٥؛ البدر الطالع ١ / ٣٢٨-٣٣٥؛ روضات الجنات، ٤٣٢؛ ما كتبه فى المزهرة : التعريف بالمؤلف فى آخر الجزء الثانى، ٦٣٩-٦٥١؛ مقدمة نظم العقيان، معجم المطبوعات، ١ / ١٠٧٣ .

(ش)

الشهرزورى :

أحد الرياضيين اللذين طوروا الجبر من بعد الكرجي.

شوبل، يوهان (١٤٩٤-١٥٤٨):

وهو أحد رياضىي الألمان، وقد عاصر ستيفل، وله مؤلفات فى الحساب والجبر.

شوكيه، نقولا (١٤٤٥-١٥٠٠):

وهو رياضى فرنسى ازدهر فى النصف الثانى من القرن الخامس عشر الميلادى، وألف كتابا واحدا، فى عام ١٤٨٤، ظل مخطوطاً إلى أن حققه أرسند مارك.

(ص)

الصيداني :

رياضي ظهر من بعد الخوارزمي مباشرة.

(ط)

الطبري، أبو جعفر محمد بن جرير (ت ٣١٠ هـ / ٩٢٢م):

صاحب "تاريخ الرسل والملوك"، من أبرز مؤرخي القرن الثالث الهجري.

الطرق العددية :

إن الضبط المتزامن للتصورات والتقنيات الجبرية الذي سبق أن أجراها رشدي راشد أسست لتعيين تجدد معين للجبر في القرن الحادي عشر الميلادي. هذا التجدد الذي تطوع له الكرجي (في نهاية القرن العاشر الميلادي وبداية القرن الحادي عشر الميلادي) وتابعه أتباعه والسموأل (المتوفى في ٤٧١) بخاصة، كان يهدف إلى "إجراء عمليات على المجهولات كتلك التي يحريها الحسابي على المعلومات". كان المقصود هو تطبيق الحساب على جبر الخوارزمي وأتباعه. هذه الحسبة للجبر كما بينها رشدي راشد كانت تتخذ من توسيع الحساب المجرد وسيلة رئيسة. هذه الوسيلة أثبتت فعاليتها ليس في التوسع الخاص بالجبر كما في "حساب المجهولات" إنما في تقدم نظرية الأعداد كما في الطرق العددية. أسس ذلك لفهم أعمق لإحدى النزعات الأساسية للجبر العربي. فإن درس أعمال الرياضيين من مدرسة الكرجي مكن رشدي راشد من أن يبين :

- ١- إن كشف عدة منسوبة حتى الآن إلى جبري القرنين الخامس عشر والسادس عشر هي من عمل الرياضيين من مدرسة الكرجي. ومن بين ما توصل إليه الرياضيون من مدرسة الكرجي نظريات كاملة كجبر كثيرات الحدود ، وقضايا جوهريّة - صيغة ذات الحدين وجدول المعاملات ، وخوارزميات مثبتة - كتلك الخاصة بقابلية قسمة كثيرات الحدود، وطرق البرهنة كالاستقراء التام؛
- ٢- توج كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي (المتوفى ٦٣٤١م-٧٣٤١م) استعادة بدأها جبريو القرنين الحادي عشر والثاني عشر.

الطوسي، شرف الدين (١١٧٥ م):

هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي، وهو رياضي فلكي من طوس بخراسان. وتردّد على طوس نفسها. لكن بعد العقد الثامن من القرن السادس الهجري اختفت آثار الطوسي من كتب المؤرخين القدماء. وظل الخطأ -الذي صححه رشدي راشد- أن الطوسي

كان على قيد الحياة سنة ٦٠٦ للهجرة (٩٠٢١م). ويرجع هذا الوهم بحسب تصحيح رشدي راشد- إلى خطأ ارتكبه أحد النساخ. فأخبار الطوسي كلها ترجع إلى ما قبل نهاية القرن السادس الهجري، فهو من أبناء النصف الثاني من القرن السادس الهجري، بلغ أوج نشاطه في العقد الثامن من القرن السادس الهجري.

الطوسي، نصير الدين، (في طوس ١٢٠١- في بغداد ١٢٧٣ {٥٥٩٧-٥٦٧٢}):

بحث رشدي راشد في مسألة العلاقة المعقدة بين التحليل التوافقي والتحليل الميتافيزيقي عند نصير الدين الطوسي وغيره من الرياضيين، أمثال ابن سينا وإبراهيم الحلبي، بحث رشدي راشد في هذه المسألة بوصفها مسألة نقلت العقل الإنساني من العصر القديم إلى القرن السابع عشر الميلادي من دون انقطاع، مما وضع العلم العربي، في هذا الموضوع، من جديد، في متن الحداثة الكلاسيكية، ومن دون أن يقع التحليل الفلسفي العربي في إطار من "العصور الوسطى" المعهودة.

(٤)

علم الأصوات :

هو البحث الفوناتيكي أو الفونولوجيا، والفوناتيک يعنى بالأصوات الإنسانية شرحا وتحليلا، ويجرى عليها التجارب من دون نظر خاص إلى ما تنتمى إليه من لغات.

علم البناءات الجبرية :

رأى بعض المستشرقين أن البنية اللغوية للغة العربية هي السبب في تطور "علم البناءات الجبرية"، وقد رأوا هذه الرؤية نتيجة أسلوب معين في صياغة سؤال تاريخ العلوم والرياضيات بعامة، والعلوم العربية بخاصة.

علم الجبر :

اختار الخوارزمي لكتابه المؤسس اسم : " الجبر والمقابلة" وقد أصبح هذا اسم علم الجبر فى كافة اللغات، والخوارزمي هو أول من استخدم الجبر فى هذا المعنى وقد عنى الخوارزمي بكلمتى : الجبر والمقابلة، أن حدود معادلاته كانت أموالا وجذورا وأعدادا مفردة لا تنسب إلى جذر أو مال . والمال هو المربع (س^٢) والجذر أو الشيء المجهول (س) فإذا قيل " مال يعدل أربعين شيئا إلا أربعة أموال" ، كان معنى ذلك بالرموز الحديثة : س^٢ = ٤٠ س - ٤ س^٢ يقول الخوارزمي : " فأجبرها بالأربعة الأموال وزدها على المال" فتصبح : ٥ س^٢ = ٤٠ س وهذا معنى الجبر عنده ، أن تجبر طرف المعادلة بما نقص من أموال أو جذور ، أو أعداد وتزيد على الطرف الآخر . أما المقابلة فهي أن تقابل بين الحدود المتشابهة فى طرفى المعادلة ، فإذا كانت المعادلة مثلا: س^٢ - ٣س + ٦١ = س + ٢١ فأجبر ذلك وزد الثلاثة الأشياء على الشئ والاثنى عشر درهما. وقابل به والى أثنى عشر من ستة عشر يبقى أربعة داراهم وبهاتين العمليتين تصبح المعادلة : س^٢ + ٤ = ٤ س

علم الصرف :

فى ما يعرف "بعلم الصرف" معلومات صوتية. فقد حاول الصرفيون -محاولاتهم الأولى ماثلة فى كتاب سيبويه- أن يصفوا ما يطرأ على بنية الكلمة العربية المعربة من تغيرات، إما فى تصرفاتها المختلفة (من أفراد وتثنية وجمع، وتذكير وتأنيث، وتصغير، ومبالغة، ونسب، وماض ومضارع

وأمر.. إلخ)، وإما عند وقوعها في درج الكلام في سياقات صوتية معينة (كالإدغام، والوصل) إلى غير ذلك من البحوث الصرفية.

علم العدد :

إن الذي يعرف بهذا الاسم علمان : أحدهما علم العدد العملي، والآخر علم العدد النظري، فالعملي يفحص عن الأعداد من حيث هي أعداد معدودات تحتاج إلى أن يضبط عددها من الأجسام وغيرها، مثل رجال زو أفراس أو دنانير أودراهم أو غير ذلك من الأشياء ذوات العدد، وهي التي يتعاطاها الجمهور في السوق والمعاملات المدنية. وأما النظري فإنه إنما يفحص عن الأعداد بإطلاق على أنها مجردة في ذهن عن الأجسام وعن كل معدود منها.

العلم العربي :

النشاط العلمي الذي مارسه، منذ القرن التاسع الميلادي، علماء من ثقافات مختلفة ومن ديانات مختلفة، وعبروا عنه في اللغة العربية، لغتهم الأدبية والعلمية آنذاك جميعا.

علم العروض :

صناعة يعرف بها صحيح أوزان الشعر العربي من فاسدها، فهو يعنى بالشعر من حيث صحة وزنه وخلله.

علم المناظر :

يدرس ما يفحص عنه علم الهندسة من الأشكال والإعظام والترتيب والأوضاع والتساوى والتفاضل وغير ذلك، ولكنها على أنها في خطوط وسطوح ومجسمات بنحو مطلق.

(ف)

الفارابي، أبو نصر (نحو٢٦٠هـ / ٨٣٣٩هـ) ، :

وهو من قمم الفلسفة العربية-الإسلامية، الفارابي في المراجع العربية، د. حسين على محفوظ، ومؤلفات الفارابي، حسين على محفوظ وجعفر آل ياسين.

الفارسي، كمال الدين أبو الحسن :

شارح الخيام الذي عاش في القرن الثالث عشر الميلادي، أورد المعادلة $x^4+y^4=z^4$ من دون برهان على الاستحالة.

فاكا، ج. :

مؤرخ الرياضيات الألماني المعاصر، كشف عن صياغة مكافئة لمبرهنة ابن الهيثم-ويلسون، لدى ليبينيتز.

فروريوس، الصوري :

كان تلميذ أفلوطين وأحد أساطين الأفلاطونية المحدثة، وعرف بأنه جامع القانون ومرتبّه.

فرما، بيار دو(١٦٠١-١٦٦٥):

وهو رياضي فرنسي حديث، بحث في الحساب والاحتمال، وديوفنطس. اتجه كتاب "المسائل العددية" لـديوفنطس نحو أبحاث جديدة في التحليل الديوفنطسي الحديث بالمعنى الذي صاغه باشيه دومزيرياك وبيار فرما في القرن السابع عشر الميلادي. فالأبحاث التي أثارتها قراءة ديوفنطس هي من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثروا أسلوبًا مختلفًا عن أسلوب "المسائل العددية" لـديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخي الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثًا من المسائل العددية المكافئة في معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة مندرجة $9 >$ وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعدادًا نسبية موجبة وأعدادًا صحيحة إذا أمكن ، لكن لم تصغ أيّة شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعدادًا نسبية موجبة. ولم تشر في أيّة لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبيًا (منطّقا) أو أصمًا بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة

إن كانت الأعداد نسبية أم لا ، فمن أجل البحث عن حل نسبي موجب وحسب. من هنا تفسر تصورات المتغير ، والوسيط ، والقوة ، والحل العام عمل ديوفنطس. فعندما بحث ديوفنطس في مسألة "قسمة مربع ما إلى مربعين آخرين" يفسر النص بأنه مسألة معادلة من الدرجة الثانية بمتغيرين مكافئة للمعادلة $x^2+y^2=a^2$. وفي أثناء حله ينسب الرياضي للمعطى a قيمة خاصة ، لذلك رأى بعضهم في هذا تمثيلاً لوسيط ما في الحالات المشابهة. من هنا نهضت المشكلة المركبة، أي:

(١) مشكلة المجازفة في إشاعة فكرة أن مقدمة ديوفنطس استطاعت أن تكون مصدرًا للجبر ؛

(٢) الحيلولة دون فهم تيار آخر من الرياضيين الذين رأوا في عمل ديوفنطس عملاً حسابياً.

سمى الجبر بهذا الاسم وتشكل كعلم مستقل بذاته وتطور على صعيد التصور وعلى الصعيد التقني (فضلاً عن دراسة المعادلات غير المحددة)، قبل أن يترجم قسطا بن لوقا كتاب المسائل العددية. إذن يبدو ديوفنطس من أتباع الخوارزمي مع أن ديوفنطس، تاريخياً، عاش قبل الخوارزمي بقرون عدة. فالعنوان نفسه لكتاب المسائل العددية^١ ، فنطس قد ترجمه الجبريون خطأ بـ "صناعة الجبر". ظهر التحليل الديوفنطي في حلقة الأعداد الصحيحة Z ، أي بالمعنى الذي قصده باشيه دي مزيياك فيما بعد ، ظهر في القرن العاشر في أفق الترجمة العربية لكتاب المسائل العددية. غير أن التفسير الجبري لم يؤسس لفهم هذه المسائل الجديدة لعمل ديوفنطس. أسهم كتاب المسائل العددية خلال القرن العاشر الميلادي في تشكيل فصل حمل اسم ديوفنطس أكثر من مساهمة ديوفنطس في الجبر. في القرن العاشر الميلادي ارتبطت أعمال عديدة بالتحليل الديوفنطسي بالمعنى الخاص بالقرنين السادس عشر الميلادي والسابع عشر الميلادي. وقد كان يمكن أن تبدو أعمالاً متناثرة. لكن اتضحت هيكليتها حين ارتبطت بمقدمة ديوفنطس. فظهرت عنده عناصر لتيار من البحث كان باعته الأساس قراءة المسائل العددية لديوفنطس. واندمجت المعادلات الديوفنطسية ذات الحلول النسبية (المنطقية) في الجبر . وكانت هذه القراءة الحسابية قراءة ممكنة. كان هدف ديوفنطس في المسائل العددية، هو بناء نظرية حسابية حيث إن عناصرها تشكل الأعداد باعتبارها كثرة من الوحدات، وأجزاءها الكسرية باعتبارها كسوراً لمقادير . إن عناصر النظرية ليست واردة بذاتها وحسب بل كأنواع من الأعداد إن عبارة *EIDOS* التي ترجمها قسطا بن لوقا بكلمة "نوع" وترجمها باشيه بعد ذلك بكلمة "الجنس" أو (*Species*) لا تقتصر على معنى "القوة المجهولة" .

فريدونتال، هانز:

وهو مؤرخ الرياضيات الألماني المعاصر، بحث في تاريخ الاستقراء الرياضي.

فرينكل (١٦٠٥-١٦٧٥):

وهو رياضى حديث برهن صيغة مكافئة ل $P_{n+1} = (n+1) P_n$.

الفلسفة التقليدية :

كشف رشدى راشد، لدى علماء الرياضيات الذين ألفوا المتون الرياضية فى اللغة العربية، عن تفكير معين حول الرياضيات، أو عن فلسفة محددة فى الرياضيات لم تصدر عن فيلسوف إنما صدرت عن علماء رياضيات. لم يبن علماء الرياضيات الذين ألفوا المتون الرياضية فى اللغة العربية، نظاما فلسفيا ، إذا ما قورن بالنظم الميتافيزيقية الشهيرة فى ما سمي باسم القرون الوسطى فى التاريخ الغربى التقليدي. فهى نتاج الرياضى فى أثناء ممارسته الرياضيات. لذلك لم يذكره مؤرخو الفكر فى ما سمي باسم العصر الوسيط فى التواريخ التقليدية، الذين استحوذت عليهم الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو الفقه، أوردة الفعل التقليدية على تلك الاتجاهات التى مثلها آنذاك ابن حزم وابن تيمية.

فلسفة الرياضيات :

فرع من فروع الفلسفة الذى يبحث فى أسس المعرفة الرياضية.

الفلسفة العربية :

الفلسفة فى اللغة العربية سواء كتبها فيلسوف مسلم أو فيلسوف يدين بديانة أخرى.

فوجل، كورت :

أتاح الاكتشاف الحديث لهنجر وفوجل عام ١٩٦٣ لمخطوطة بيرنطية كانت قد أحضرت إلى فيينا عام ١٥٦٢، لرشدى راشد المجال لإثبات معرفة الغربيين بالكسور العشرية العربية.

فورييه، ج. :

رياضى فرنسى حديث بحث فى حل المعادلات العددية.

فولهابر، يوهان (١٥٨٠-١٦٣٥):

وهو رياضى ومهندس ألماني، أسس مدرسة تعليم الرياضيات بأولم بألمانيا، والتحق بها رنيه ديكارت عام ١٦٢٠ .

فون اشليجل ، فريدريش (١٧٧٢-١٨٢٩) :

أديب رومانسي وفيلسوف ألماني، وكان كتابه عن "لغة الهند وحكمتها" (١٨٠٨) فاتحة الدراسات الهندية في ألمانيا والغرب بعامه، فضلا عن تأسيسه "لنحو المقارن". وكان موضوع الفلسفة لديه هو الحياة الذهنية الداخلية *geistige Leben*، وليست هذه الملكة أو تلك من ملكات الفرد التي يُنظر إليها من جهة جزئية، إنما هي حياة الإنسان الروحية بكل طاقاتها الغنية والمتنوعة.

فيات ، فرونسوا (١٥٤٠-١٦٠٣) :

وهو رياضي فرنسي حديث، بحث في مجالات الفلك، وفي الكتابة الرمزية الرياضية، وفي حل المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة، وفي العلاقات بين المعاملات والجذور الموجبة، وفي حساب المثلثات، وفي غيرها من المجالات الرياضية.

فيبر ، ماكس (١٨٦٤-١٩٢٠) :

عالم الاجتماع، والاقتصادي، والقانوني، الألماني المعاصر. شملت معارفه الميادين الاجتماعية ("معنى قيمة الحرية في العلم الاجتماعي والاقتصادي"، في دورية "لوجوس"، المجلد ٧، ١٩١٧، "المطاعم والمجتمع"، ١٩٢١، ١٩٥٥، ط٤، "مجموع المقالات في علم الاجتماع والسياسة الاجتماعية"، ١٩٢٤، "مجموع المقالات في التاريخ الاجتماعي للمطاعم"، ١٩٢٤)، والاقتصادية (الروح البروتستانتية وروح الرأسمالية"، في "أرشيف العلم الاجتماعي"، المجلدان ٢٠ و ٢١، ١٩٠٥)، والسياسية، والدينية ("مجموع المقالات في علم اجتماع الدين"، مجلدان، ١٩٢٠-١٩٢١)، والقانونية، والتاريخية، والمعرفية ("العلم بوصفه مهنة"، في "العمل الروحي بوصفه مهنة"، ١٩١٩، "مجموع المقالات في نظرية العلم"، ١٩٢٢). وقد وضع، من بعد جيورج يلينك، أحد زملائه في كلية الحقوق في هيدلبرج، والمفكر الألماني ج.ف.ف. هيجل، من جهة، ومن قبل العالم الاجتماعي الفرنسي، إميل دوركايم، وديلتي، وج. زمل، وزومبارت، واشبنجلر، وشترن، وفير كانت وأ. شبرنجر ويونج، من جهة أخرى، منهجاً في "النموذج المثالي". والنموذج المثالي هو لوحة فكرية لا تشكيلية، وهو ليس نموذجاً تاريخياً، وليس نموذجاً يقينياً، إنما هو "صورة" أو تصور محدود أو تصور مثالي محض، نقيس به المحتوى الاجتماعي التجريبي. وبالإمكان أن نضرب مثلاً دالا على ذلك من النموذج المثالي للمجتمعات البشرية. يبين ماكس فيبر أننا نحصل عليه من خلال وجهة نظر أو وجهات نظر عدة إزاء مجموعة كبيرة من المجتمعات المنتشرة هنا وهناك. من هنا صنف المجتمعات البشرية إلى مجتمعات عقلانية، حديثة، أوروبية، غربية، مسيحية، نرجسية، آمنة، سالمة، ومجتمعات لاعقلانية متخلفة، تقليدية، قبل رأسمالية، شرقية، بدائية، عنيفة، باقية، فوضوية، الغير

الغربية، البربرية، تعبد القائد، الأب، السحر، الدين، القبيلة، العائلة، مما يؤدي إلى عزل الحضارات الغير الغربية عن مجال الحضارة. ومع إن العوالم والأمم والأقوام والديانات الكبرى، ليست كيانات شمولية منغلقة بل يؤدي تعيين الحدود المطلقة بين الحضارات البشرية جميعاً، إلى صراع رمزي بين اليقينيّات المطلقة، ويقيم شرخاً عنصرياً بين الشعوب كافة، ويسوغ السلطة الاستعمارية والعنف الغربي-الأوروبي في البلاد الفقيرة، مثلت نقيضه ازدواجية "المتحضرون/المتخلفون"، لحظة حاسمة في مشروع التوسع الاستعماري الغربي منذ القرن التاسع عشر الميلادي. وكانت الحضارة الأوروبية اعتبرت نفسها منذ البداية قاعدة العلاقات الدولية المطلقة، ولفظت خارجها "الآخرين"، "غير الأوروبيين"، باعتبارهم "برابرة" يمثلون خطراً على "الهوية الأوروبية".

فيدا، جيورجيو ديلا :

مؤرخ الأدب العربي الإيطالي المعاصر.

فيدمان، ايلهارت (١٨٥٣-١٩٣٨) :

فيزيائي ألماني، عني بتاريخ العلوم الطبيعية العربية، وهو صاحب "إسهامات في تاريخ العلوم الطبيعية".

فيكه (١٨٢٦ - ١٨٦٤) :

المؤرخ المشهور للجبر العربي. ولد ونشأ بألمانيا. ثم استقر في فرنسا، ومكث بها حتى وفاته . حقق المقالة في الجبر والمقابلة للخيام، وترجمها إلى الفرنسية، ولخص نص الكرجي وعلق عليه.

(ق)

قاعدة الأصفار :

منذ القرن العاشر الميلادي، وربما قبل ذلك التاريخ، كشف رشدي راشد في الأبحاث الحسابية العربية عن قاعدة لتقريب الجذر الأصم المربع والمكعب، وهذه القاعدة كانت تسمى في تلك الحقبة، باسم "قاعدة الأصفار"، وقد أورد السموأل الصياغة العامة لهذه القاعدة على النحو التالي :

$$K=1,2,...(A)1/n=(a.10nk)1/n/10k$$

العشري.

القبیصي، عبد العزيز (أبو صقر) :

في النصف الثاني من القرن العاشر الميلادي، درس القبيصي، في بحث حسابي صغير "فى جمع أنواع من الأعداد"، الأعداد التامة، وذكر قاعدة تشكيل الأعداد التامة الاقليدية، ثم انتقل بعد ذلك إلى الأعداد المتحابية، فأورد، في هذا السياق، مبرهن ابن قرة. وفي سياق ذكره لقاعدة تشكيل الأعداد التامة الاقليدية، شكل القبيصى على التوالى :

$$Pn = (2n+1-1) + 2n, Pn-1 = (2n+1-1) - 2n+1, qn = 2n+1(2n+1+2n-1) - 1$$

قدامه بن جعفر، أبو الفرج بن زياد البغدادي :

صاحب الكتاب الشهير عن الضرائب العقارية.

قسطا بن لوقا، أبو الصقر إسماعيل بن بلبل قسطا بن لوقا وقيل أبو عبيد الله بن يحيى

المعروف بقسطا بن لوقا، (٩١٢):

وهو طبيب، وموسيقي، وفلكي، ورياضي (الهندسة، الأعداد، الأرثماطقي)، وطبيعي، ونباتي، وهو من مدينة بعلبك في عهدها العباسي. ويلقب باليوناني، نسبة إلى أصوله اليونانية. وقد عاش في القرن السادس الهجري/التاسع والعاشر الميلاديين، وقد اختلف مؤرخو العلوم في تاريخ وفاته، وقد ذكروا أعوام عدة ٢٨٦هـ-٨٩٩م، و ٣٠٠هـ-٩١٢م، و ٣١٠هـ-٩٢٢م، وتعلم، بالإضافة إلى لغته العربية، اللغتين اليونانية والسريانية، فراح يتجول في بلاد الروم البيزنطيين (تركيا الآن) للاطلاع على تصانيف اليونان، وكان يعاصره من العلماء في بغداد، الكندي، وثابت بن قرة، اللذين شجعا على ترجمة الكتب اليونانية والسريانية إلى العربية. وكان من الرواد الأوائل المؤسسين للحضارة

العربية في العصر العباسي الأول. وقد اختلف الناس في زمانه في الموازنة بينه وبين حنين بن اسحق أيهما أطب من الآخر. وقد شملت مؤلفات قسطا بن لوقا خلال حياته العلمية في بغداد وأرمينية، صنفين من الكتب :

أولاً : الكتب المترجمة أو المشروحة من عد ترجمتها. ترجم كتاب "صناعة الجبر" لديوفنطس، عن اللغة اليونانية، إلى العربية وحققه رشدي راشد، وترجم "فهرس مصنفات جالينوس"، و"تحرير المساكن"، و"تحرير كتب الأكر" للعالم اليوناني السكندري ثاودوسيوس، و"الأصول" لإقليدس، و"أصول الهندسة" لأفلاطون؛

ثانياً : الكتب المصنفة في الطب والهندسة ("كتاب في رفع الأشياء الثقيلة"، و"الوزن والكيل"، و"ميزان وزن الذهب") والرياضيات ("المدخل إلى علم الهندسة"، شكل الكرة والأسطوانة، "البرهان على حساب الخطأين") والفلك ("المرايا المحرقة"، "العمل بالإسطرلاب الكري") والطبيعة والنبات وعلم الأحياء. ومن مراجعه ومصادره : الفهرست، ٢٤٣، ٢٩٥، تاريخ الحكماء، ص ٢٦٢، عيون الأنباء، ١، ٢٤٤، ٢، ص ١٧١، ٢٤٤، ابن العبري، تاريخ مختصر الدول، ص ٢٧٤، حاجي خليفة، كشف الظنون، ج ٢، ص ٦٨٢ .

(ك)

كاجوري، فلورين :

مؤرخ الرموز الرياضية الألمانى المعاصر

كارميشيل، روبرت دانييل :

مؤرخ نظرية الأعداد المعاصر

الكاشي، غياث الدين جمشيت (ت١٤٣٦-١٤٣٧) :

أثبت المؤرخ الألمانى ب. لوكي، عام ١٩٤٨، أن "مفتاح الحساب" للكاشي يحتوى على عرض للكسور العشرية.

كانتور، موريتز (١٨٢٩-١٩٢٠) :

أحد رواد تاريخ الرياضيات فى ألمانيا فى أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، وأوائل القرن العشرين. واشتهر بخاصة بكتابه "محاضرات فى تاريخ الرياضيات"، ٤ أجزاء، ليبزيج، توبنر، ١٨٨٠-١٩٠٨ .

كاهين، س :

مؤرخ الإسلام المعاصر

كتب

- الأصول :
- هو كتاب "الأصول الهندسية" لإقليدس
- الباهر فى الجبر :
- هو كتاب السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)
- بحث الاقليدسى للإقليدسى
- البحث فى محيط الدائرة للكاشي
- البديع فى الحساب

للكرجي، أبوبكر محمد بن الحسن، تحقيق عادل انبوبا، بيروت، الجامعة اللبنانية، ١٩٦٤، الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية.	
• التكملة في الحساب	
للبيгдаي، أبو منصور عبد القاهر بم طاهر	
• التناغم الشامل لمرسن	
• الدور والوصايا للكرجي	
• الشفاء لابن سينا	
• العقود والأبنية للكرجي	
• العين للفراهيدي،	
• الخليل بن أحمد بن عمرو بن تميم	
• الفخرى للكرجي	
• الفصول للإقليدسي	
• في استخراج الكعاب وأضلع ما وراءه من مراتب الحساب للبيروني	
• في الحساب الهندي للكرجي	
• في الكرة والأسطوانة لأرشميدس	
• القوامي في الحساب الهندي للسموأل	
• كتاب الجبر والمقابلة للخوارزمي	
وهو أحد أشهر وأهم الكتب التي ألّفت في الرياضيات في القرن الثالث الهجري/التاسع الميلادي، ويعد ظهور هذا الكتاب حدثا مميزا في تاريخ الرياضيات، فكانت هذه هي المرة الأولى التي تظهر فيها كلمة الجبر في عنوان الكتاب، ولم تخف أهمية هذا الحدث على رياضيين ذلك القرن أو القرون التالية.	
• المثلث الحسابي لبليز بسكال	
• المدخل في علم النجوم للكرجي	
• المسائل العددية لديوفنطس	

- المعروف والمشروع لأبى كامل
- مفاتيح العلوم للخوارزمى الكاتب
- مفتاح الحساب للكاشي،
- وهى موسوعة رياضية باللغة الأهمية ظهرت فى القرن التاسع الهجري/الخامس عشر الميلادي، تناول فيها مؤلفها، الكاشي، علم الحساب بأوسع معانيه.
- نواذر الأشكال للكرجي
- الوزراء والكتاب للجهمشيارى

الكرجى، الكرخي، أبو بكر بن محمد الحسين أو الحسن (١٠٠٠ م) :

لا نعرف عن حياته إلا النزر اليسير. اسمه نفسه موضع نظر. وقد عرف منذ ترجمات وبيكه وهو كهائم بالكرخي، ومؤرخو الرياضيات بهذا الاسم. لكن جيورجيو ديلا فيدا وضع الكرجى مكان الكرخى عام ١٩٣٣ .

کردان، جيروم (١٥٠١-١٥٧٦) :

تتهض صياغة كردان-ترناليا على النحو التالى :الجذور المركبة الثلاثة للمعادلة $x^3+px+q=0$ هي $j^2va=u+v, b=ju+$ و $c=j^2u+jv$ حيث $j=e^{i2\pi/3}=0.5+i\sqrt{3}/2$ و u و v هما عددان مركبان بحيث أن : $u^3=-q/2+(p/3)^3+(q/2)^2$ و $v^3=-q/2-(p/3)^3+(q/2)^2$

الكسور العشرية :

الكسر العشرى هو كسر حقيقى مقامه من قوى العدد ١٠ ويكتب بصورة خاصة مثل 0.2, 23, 0.005 ويسمى الرمز " ، " الفاصلة العشرية. ظل اكتشاف الكسور العشرية، فى تاريخ الرياضيات، لوقت غير قصير، من دون تأثير حقيقى، ومن دون مس، وظل متواريا فى "غياب نسبي"، بعيدا عن المخطوطات الرياضية المنتجة. هذا الاكتشاف لم يفرض نفسه عند ظهوره كعنصر فاعل من عناصر الممارسة الرياضية، لكن هذا الاكتشاف قد تم وتتوغل فى التاريخ. وإن بدا هذا الانتقال تراثا بسيطا فى تتابع المؤلفين، لا بوصفه اتصال فصل من الرياضيات المستقرة، فقد أصبح منذ ذلك الوقت مكسبا لتاريخ الرياضيات. كتب أبو الحسن أحمد بن إبراهيم الإقليدسى (٩٢٠-٩٨٠) النص المعروف القديم الذى يعرض فيه لمعالجة مباشرة للكسور العشرية. استعمل الإقليدسى الكسور العشرية فى ذاتها، وقدر أهمية العلامة العشرية، واقترح علامة عشرية، وذلك كما أورد أحمد سعيد

سعيدان، في بحثه عن "الحساب العربي المبكر"، في مجلة "إيزيس"، المجلد ٥٧، العدد ١٩٤، ١٩٦٦، ص ٤٧٥-٤٩٠، لكن رشدى راشد عدل هذه الأسبقية "العرضية" للإقليدسى في ابتكار الكسور العشرية، ووضع مكان الأسبقية العرضية، اتصالاً ضرورياً لاحقاً لفصل من فصول الرياضيات، وكشف عن الكسور العشرية لدى جبري القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى بعامة، ولدى السموأل المغربى بخاصة. ففي بحث السموأل عن "القوامى فى الحساب الهندي" المؤلف فى العام ١١٧٢، أى قبل وفاة السموأل بعامين، عرض السموأل للكسور العشرية. ووضع رشدى راشد هذا الكشف فى القرنين الحادى عشر والثاني، قبل "مفتاح الحساب" للكاشى (١٣٨٠-١٤٢٩)، أى قبل الفترة إلى حدها بول لأكى فى كتابه عن الكاشى عام ١٩٥١.

كفاياس، جون (١٩٠٣-١٩٤٤):

وهو فيلسوف ورياضى فرنسي، قاوم الغزو النازى لفرنسا فى الحرب العالمية الثانية، فأعدمه النازيون. وأسس لفلسفة التصور وللانفتاح على نظرية العلم بعامة، ونظرية الرياضيات، بخاصة، فى "منهج المصادرات والشكلانية"، ١٩٣٧، "حول منطق العلم ونظريته"، كتاب صدر بعد وفاته، (١٩٤٧).

الكندى (نحو بداية القرن التاسع الميلادى – نحو نهاية الثلث الثانى من القرن التاسع الميلادى):

أبو يوسف يعقوب بن إسحاق بن الصباح بن عمران بن إسماعيل ابن محمد بن الأشعث بن قيس بن معدى كرب، ولقب بلقب "فيلسوف العرب"، عدا أنه كان طبيباً ورياضياً وحسابياً ومهندساً ومنجماً ومنطقياً. وكان أبوه اسحق بن الصباح أميراً على الكوفة للمهدى والرشد. وكان يعقوب ابن اسحق الكندى عظيم المنزلة عند المأمون على أنه مترجم وعلى أنه عالم فى وقت واحد. واختلفوا فى ملته فقال البعض إنه كان يهودياً ثم اسلم، وقال البعض الآخر إنه كان مسيحياً. وكان أحد النقلة الأربعة الذين ترجموا بصفة خاصة من اليونانية إلى العربية، جنباً إلى جنب مع نقول حنين بن اسحق وترجمات ثابت بن قرة وعمر بن الفرخان الطبري. وضيع الكندى فى لغات فارس، والهند، إلى جانب اليونانية. وللکندى مختصرات وتقاسير. واستعمل اللغة اليونانية فى إعداد نسخة عربية مراجعة من ترجمة إقليدس. ومن مراجعه ومصادره : أحمد فؤاد الأهواني، الكندى فيلسوف العرب، القاهرة، سلسلة أعلام العرب، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، من دون تاريخ، مصطفى عبد الرازق، فيلسوف العرب والمعلم الثانى، القاهرة، ١٩٤٥، الأب مكارثي، التصانيف المنسوبة إلى فيلسوف العرب، ١٢٢ صفحة، بغداد، ١٩٦٢، أحمد فؤاد الأهواني، ثلاث رسائل، كتاب الكندى فى الفلسفة الأولى، القاهرة ١٩٤٨، رسالة

النفس، مجلة الكتاب أكتوبر ١٩٤٨، رسالة العقل، مع تلخيص كتاب النفس لابن رشد وأربع رسائل، ١٩٤٩، د. أبو ريدة، مجموعة رسائل الكندي، مجلدان، القاهرة، ١٩٥٠، ١٩٥٤، محمد مبارك، الكندي فيلسوف العقل، القاهرة، وزارة الإعلام، مديرية الثقافة العامة، كتاب الجماهير، ١٩٧١، الإبراشي، أعلام الثقافة، ص٢٣، السبكي، طبقات الشافعية، ج٣، ص٢٧، الشهرستاني، الملل والنحل، ج٣، ص٣، البيهقي، تنمة صوان الحكمة، ص٢٥-٢٦، ابن أصيبعة، عيون الإنباء، ج١، ص٢٠٦-٢٠٧، ج٢، ص ١٧٩-١٨٠، القفطي، تاريخ الحكماء، ص٣٤-٣٦، ص٣٦٦-٣٦٧، أبو حيان التوحيدي، المقابسات، ص ٨٥، رضا كحالة، معجم المؤلفين، ج١٣، ص ٢٤٤، د. عبد الرحمن بدوي، "فن الشعر" لأرسطوطاليس، ص ٥١ من المقدمة، أمير على، "روح الإسلام"، ص ٣٥٩-٤١٢، ابن جليل، "طبقات الأطباء والحكماء"، ص٧٣-٧٤، د. عبد الرحمن بدوي، دور العرب في تكوين الفكر الأوربي، بيروت، دار الآداب، ١٩٦٥، ص ١٣١ : "هل كان الكندي يعرف اليونانية؟"، صاعد الأندلسي، طبقات الأمم، ص٤٧، حاجي خليفة، كشف الظنون، ج٢، ص ٦٨٢ .

كوربيه، ألكسندر (١٨٩٢ – ١٩٦٤) :

مؤرخ العلوم والفلسفة الفرنسي الروسي الأصل ألكسندر كويريه *A. Koyré* ولد بروسيا، ودرس الفلسفة والرياضيات في فرنسا وألمانيا، ثم درّس تاريخ العلوم وتاريخ الفلسفة في فرنسا، وجامعة القاهرة، والولايات المتحدة الأمريكية. وله مؤلفات عدة في تاريخ العلوم وتاريخ الفلسفة. وتختلف ابستمولوجيا رشدی راشد اختلافًا جوهريًا عن ابستمولوجيا أستاذة ألكسندر كويريه التي كانت أقرب إلى ابستمولوجيا ميرسون.

كورنو، أنطوان أغستان (١٨٠١-١٨٧٧) :

وهو فيلسوف فرنسي، ويعتبر أحد مؤسسي علم الاقتصاد الرياضي.

كونت. أوجست (١٧٩٨-١٨٥٧) :

هو المنشئ الحقيقي للمذهب الوضعي الحديث

كوهن. أ (١٨١٣-١٨٨١) :

وهو عالم الاساطير والأديان المقارنة الألماني.

كوهن. توماس :

العالم ومؤرخ العلوم المعاصر صاحب "بنية الثورات العلمية" (١٩٦٢)، حيث بحث في الجواب على السؤال : ما الثورات العلمية؟ ما وظيفتها في التطور العلمي؟

کینه، ادجار (۱۸۰۳-۱۸۷۵) :

أديب ومؤرخ فرنسي

(ل)

لاجرونج، جوزيف لوسى (١٧٣٦-١٨١٣) :

رياضى فرنسى صاحب "الميكانيكا التحليلية" (١٧٨٨).

لاسن، كريستيان (١٨٠٠-١٨٧٦) :

عالم لغة نرويجي، مختص بدراسة اللغات الهندية

اللبان، محمد بن محمد (حوالى ١٠٠٠) :

لخص كتاب "الكافي" للكرجي.

اللغة السنسكريتية :

أهم حادثة طرأت فى القرن التاسع عشر الميلادى، هى بلا منازع، العناية باللغة السنسكريتية. ومع ذلك لا بد من التنويه بأن أوائل اللغويين فى أوربا قد اتصلوا مباشرة بذلك الوصف التقطيعى الممتاز الذى قام به النحويون الهندوس. لكن هذا الاتصال لم يؤثر تأثيرا مباشرا فى رصد الظواهر الصوتية كذلك لم يفد مؤسسو علم اللغة فائدة مباشرة من تلك التحقيقات الدعوية المثمرة التى قام بها قبل ذلك التاريخ بثلاثة قرون، دعاة الإصلاح فى الكتابة وأساتذة اللغات الأجنبية. وقد انطلق الأسلوب المقارن الناشئ فى عمله من الحروف لا من الأصوات، على غرار ما فعلوا منذ أرسطو من اقتفى أثره فى تقليد حرفى فقد معناه.

لوكي، بول :

هو مؤرخ الرياضيات الألماني. وتدور أعماله حول تاريخ الحساب العربى بخاصة.

ليفى بن جرسون :

رياضي، بحث فى الاستقراء الرياضي

(م)

ماسينيون، لويس (١٨٨٣ – ١٩٦٢) :

أحد أبرز المستشرقين الشعراء الصوفيّين الفرنسيين المعاصرين.

المبدأ الدلالي :

تصير الدلالة الأدبية عبارة عن مقابلات متعددة بين أشكال الدال وأشكال المدلول التي تنقسم إلى فروع جزئية تتمثل في "الدليم" *SEME* وفي "الدليم الجامع" *SEMEME*. فالدلالة مجموعة الدليم الجامع الدليم السياقي والنواة الدلالية، فيقسم الباحث النص إلى تراكيب متواترة مطردة مترادفة تميز الكتابة وتدلى بأهم وظائفها البنيوية وثبت الوظائف ووظيفة في توزيع تقابلي زوجي شمل وظيفة لا يخلو من المصادفة إذ يمكن إضافة التأليف والاقتصاد لعدد الوظائف حسب بناء ثلاثي. فجملته الوظائف في النص الأدبي تؤلف نحواً موعلاً في التجرد والشكل هي موضوع العلامات الأدبية التي تعالج النصوص الشعرية والنصوص النثرية وأبرز ما يميز العلامات ذلك الضبط للعلاقة بين شكل الدال وشكل المدلول في مستوى إيقاعي صوتي ومستوى تركيب. ويمكن أن يكون الشكل البياني للخطاب طريفاً في وصف علامات النص.

مبرهنة بيزوت :

في حلقة رئيسية A ، تكون العناصر a_1, a_2, \dots, a_n أعداداً أولية فيما بينها، وفي مجموعها، إذا، فقط إذا، قامت العناصر x_1, x_2, \dots, x_n في مجموع A ، بحيث $x_1 a_1, x_2 a_2, \dots, x_n a_n = 1$. وقد أوردها باشيه في سياق الأعداد التامة. أما بيزوت فقد برهن عليها واستخدمها في سياق كثيرة الحدود.

المبرهنة الصينية الشهيرة :

درس ابن الهيثم حالة خاصة من حالات المبرهنة الصينية الشهيرة، وقد أورد رشدي راشد نص ابن الهيثم للمرة الأولى في تاريخ الرياضيات، وهو النص الذي نقل ولم يترجم بدقة إلى اللغة الألمانية في كتاب أ. فيدمان، "محاضرات في تاريخ العلوم العربية" تحت عنوان :

"Ein von Ibn Haitam gelostes Zahlentheorem"

مبرهنة فرما :

مبرهنة الرياضى الفرنسى بيار فرما
أ – مبرهنة فرما الصغيرة
إذا p هو عدد أول، وإذا a هو عدد تام، إذن $a^p - a$ تقبل القسمة على p . وقد أورد فرما من دون برهان هذه المبرهنة عام ١٦٤٠ فى رسالة إلى صديقه برنار فرنيكل دوبيسى (١٦٠٥-١٦٧٥).
وبرهن ليبنيتز وأويلر على هذه المبرهنة.
ب- مبرهنة فرما الكبيرة
إذا n هو عدد أعلى أو مساوى ل ٣، فالمعادلة $x^n + y^n = z^n$ لا تقبل أى حل (x, y, z) ، مع x, y, z هى أعداد تامة طبيعية - 0 . وقد أورد بيارفرما مبرهنته التى تحمل اسمه -مبرهنة فرما الكبيرة- فى هامش الكتاب الثانى، المسألة الثامنة، من أعمال ديوفنطس.

المدرسة الجبرية الإنجليزية :

مثل ج. بيكوك ومورجان رمزين من رموز المدرسة الجبرية الإنجليزية التى سمت "الاستقراء الرياضى" باسمه الحديث المعروف الآن.

المسعودي، على بن الحسين :

فى طليعة مؤرخى الإسلام الذين جمعوا بين التاريخ والجغرافيا، فهو مؤرخ وأخباري، وهو فى الوقت نفسه جغرافي.
--

المصري، أبو الحسن على بن يونس :

كان أحد الرياضيين العرب الذين درسوا الدوال الحسابية الأولية فى القرن الثالث عشر الميلادى وما سبقها من دخول للطرائق الجبرية فى نظرية الأعداد. كان الرياضيون العرب المتأخرون قد سجلوا دخول الطرائق الجبرية وذكر أحدهم فى معرض تصويره لتاريخ الأعداد المتحابة أن هناك طرقاً عديدة لتحديد الأعداد المتحابة من الطرائق الجبرية. ومنها ما ذكره أبو الحسن على بن يونس المصري.
--

المعادلات التربيعية:

هى المعادلات من الدرجة الثانية، وهى معادلات فى متغير واحد من الدرجة الثانية، وصورتها العامة هى : أس ٢ + ب س + ج = صفراً.
--

المعادلات التكعيبية :

هي معادلات من الدرجة الثالثة.

المعادلات الجبرية:

هي عمليات محدودة تجرى على الأعداد مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج الجذور والرفع إلى القوى، على ألا تستخدم العمليات عددا لانهايتيا من المرات.

المعادلات العددية :

هي المعادلات التي تكون فيها معاملات المجاهيل والحدود المطلقة أعداداً مثل المعادلة :

٣س - ٢ = ١ + ٠

مونتوكلا، جون إيتيان (١٧٣٥-١٧٩٩) :

وهو رياضى فرنسي، اشتهر بكتابه عن "تاريخ الرياضيات".

المنهج التقهقرى :

هو منهج رشدى راشد الذى يرى فى محاولة بليز بسكال الرياضى الفرنسي، تمثيلا لا حصراً، إتماما لمحاولتى الكرجى والسموأل، بينما تظهر محاولة بيانو متممة لمحاولات بدأها بليز بسكال. وكى لا يكون المنهج التقهقرى فى كتابة تاريخ الرياضيات منهجا مبتذلاً، اختار رشدى راشد الإنجاز الذى كان إنجازا لبدء ضروري، بوصفه نقطة انطلاق فى الماضي. إن المرجع المزدوج الضرورى لرشدى راشد يؤسس للاستنتاج بأن طرق البرهان لكل من الكرجى والسموأل، تمثيلا لا حصراً، - RI بنحو خاص والبرهان التراجعى إلى حد ما- هى بداية الاستقراء الرياضى، وذلك فى حال التسليم بأن بيلز بسكال هو نقطة الانطلاق فى البحث التاريخي.

موراي، ج. :

رياضى فرنسى حديث بحث فى حل المعادلات العددية

مورجان، وليم ولسون :

جبرى انجليزى بحث فى الاستقراء الرياضى.

موروليكو:

رياضى بحث فى الاستقراء الرياضى.

موسى بن ميمون اليهودى الأندلسي (٥٢٩ هـ – ٦٠٥ هـ):

أو الرئيس أبو عمران موسى بن ميمون عبيد الله، الفيلسوف العبرى أو الإسرائيلى القرطبي، واسمه موسى بن ميمون بن يوسف أو *MAIMONIDES* كما يسميه الكتاب الأوروبيون. وهو يهودى أسلم، وله إسهام فى التراث اليونانى القديم، فى اللغة العربية، والرياضيات -فقد هذب كتاب الاستكمال لابن هود فى الرياضيات-، والطب، والفلسفة، والفلسفة الرياضية، وهو صاحب "مرشد الحائرين" أو "دلالة الحائرين" -ترجم صموئيل بن طبون هذا الكتاب من العربية إلى العبرية فى أواخر عهد هال ليفي، أما النص العربى، ويقع فى ثلاثة مجلدات، فقد نشره مونك فى باريس بين عامى ١٨٥٦ و ١٨٦٦، كما نشر فريدلاندير ترجمة إنجليزية له فى لندن عام ١٨٨٤- و"كتاب الشرائع"، ومن مراجعه : عيون الأنبياء، ٢، ١١٧، أخبار الحكماء، ٢٠٩ .

مولر، ماكس (١٨٣٣-١٩٠٠):

عالم الأساطير المقارنة الألمانى المولد والنشأة.

مونمور، بيار ريمون دو (١٦٧٨ - ١٧١٩):

رياضى فرنسى حديث بحث فى تحليل ألعاب الحظ والتحليل التوافيقي.

(ن)

نابيه :

رياضى بحث فى الدوال اللوغاريتمية

نسلمان، جورج فرديناند (١٨٨١-١٨٨١) :

وهو مؤرخ الرياضيات الألماني.

النسوي، على بن أحمد :

أحد الحسابيين السابقين لمدرسة الكرجى الذين حصروا تطبيق قاعدة "التقريب الاتفاقي" فى القوى_3

نظرية الأعداد :

وهى فرع من فروع الرياضيات يبحث فى خواص الأعداد الصحيحة، من حيث كونها أولية، أوغير أولية، ومن حيث قابلية قسمتها بعضها على بعض.

نظرية فيثاغوراس :

فى المثلث القائم الزاوية تكون مساحة المربع المنشأ على الوتر مساويةً لمجموع مساحتى المربعين المنشأين على ضلعى الزاوية.

نظرية النسبة :

خارج قسمة عدد على عدد أو مقدار على مقدار يسمى النسبة بين هذين العددين أو المقدارين، ويوجد هذا الخارج من أجل المقارنة بين العددين أو المقدارين.

نظرية الوظيفية المتلى للغة :

الإعداد المسبق لبنية القاموس

نيقوماخوس (حوالى ١٠٠م):

وهو رياضى يونانى قديم بحث فى الحساب.

نيوتن، اسحق (١٦٤٢-١٧٢٧) :

(هـ)

هارا، كوكيتى :

مؤرخ العلوم. جعل من بليز بسكال البداية المطلقة للاستقراء الرياضى فى التاريخ.

هاريوت، ث :

مؤرخ التحليل الرياضى المعاصر

همبولت، الكسندر فون (١٧٦٩-١٨٥٩) :

هو أخو فيلهيلم فون همبولت، وكان جغرافيا ورحالة، ويعتبر كالمكتشف العلمى للقارة الأمريكية. وأما فيلهيلم فون همبولت (١٧٦٧-١٨٣٥)، فقد وفد إلى باريس (عام ١٧٩٧) حيث أمضى سنتين تقريبا فى التحصيل والعلم. ثم أقام مرتين فى مقاطعة الباسك فى جنوب فرنسا فى عامى ١٨٠٠ و ١٨٠١، ليطلع على لغتها. بعدئذ باشر عمله الدبلوماسى سفيرا لمقاطعة بروسيا لدى روما وفيينا. وأوفد إلى مؤتمرات فيينا وزيرا مفوضا مطلق الصلاحية، ثم سفيرا إلى لندن، وكان قبل ذلك التاريخ، أى بين عامى ١٨٠٨-١٨١٠، مديرا للتعليم فى وزارة الداخلية، ومؤسس جامعة برلين عام ١٨١٠. وصار وزيرا عام ١٨١٨، لكنه اضطر إلى الاستقالة بعد سنة عندما خاب سعيه. وكان قد درس -عدا اللغات الكلاسيكية- لغات الهنود الحمر فى أمريكا الشمالية، واللغة السنسكريتية والصينية والمجرية والتتارية واللغات السامية، فضلا عن اليابانية والبرمانية، ولغة كاوى المنتشرة فى جزيرة جاوا.

هنجر، هربرت :

مؤرخ العلوم من القرن الخامس عشر الميلادي.

الهندسة الجبرية :

هي، فى المدلول التقليدي، هندسة حلول المعادلات المتعدّدة الحدود بواسطة الأعداد المركّبة. وتدرس الهندسة الجبرية الحديثة أيضا المتنوعات الجبرية، التى هى تعميم لمجموعات حلول المعادلات المتعدّدة الحدود بواسطة الأعداد المركّبة، وغير المركّبة، كالحقول المنتهية.

الهندسة المترية :

بدأ الجبر لرشدی راشد من قراءة كتاب الخوارزمی فی الجبر والمقابلة، علما نظريا له تطبيقاته العملية فی مجال الأعداد كما فی مجال الهندسة المترية.

هنكل، هرمان :

مؤرخ الرياضيات فی العصر القديم والعصر الوسيط.

هورنر، وليم (١٧٨٧-١٨٣٧) :

وهو رياضی إنجلیزی، وارتبط اسمه بمنهج حساب تقريبي للجزور فی المعادلة العددية، وتخطيط هورنر هو على النحو التالي : $P = a_0 X^n + a_1 X^{n-1} + \dots + a_{n-1} X + a_n$ هو كثير الحدود من الدرجة n و x هو عنصر من جسم الأساس، فتخطيط هورنر هو حساب $P(x)$ فی صورة :

$$P(x) = (\dots(((a_0x + a_1)x + a_2)x + a_3)x + \dots + a_{n-1})x + a_n.$$

هوكهايم :

رياضی ألمانی معاصر ومؤرخ لأعمال الرياضی الكرجي

هيث، ث :

رياضي، ومؤرخ ومترجم كتاب "الأصول" لأقلیدس، وصاحب الموسوعة التاريخية المرجعية فی تاريخ الرياضيات اليونانية والصادرة للمرة الأولى عام ١٩٢١ فی انجلترا.

(و)

وارينج، أ. (١٧٣٤ – ١٧٩٨) :

رياضى ومؤرخ سجل فى عام ١٧٧٠ ولادة مبرهنة ويلسون

واليس، جنيفر (١٦١٦ – ١٧٠٣) :

انتقده جاك برنوبى فى كتابه عن "فن الافتراض" بوصف الاستقراء ليس أسلوبا علميا، ويقضى، من جهة أخرى، بالاجتهاد الخاص فى كل سلسلة على حدة.

وايتهيد، ألفرد نورث (١٨٦١–١٩٤٧):

رياضى وفيلسوف إنجليزى معاصر، وألف، مع ب. راسل، الكتاب المهم فى "المبادئ الرياضية"، ١٩١٠-١٩١٣، ١٩٢٥-١٩٢٧، ط٢، وألف، وحده، "تنظيم الفكر"، ١٩١٦، "بحث فى مبادئ المعرفة الطبيعية"، ١٩١٩، ١٩٢٥، ط٢، "أسلحة التربية"، ١٩٢٩، "تصور الطبيعة"، ١٩٢٠، ١٩٢٦، ط٢، "العلم والعالم الحديث"، ١٩٢٦، ١٩٤٦، ط٢، "وظيفة العقل"، ١٩٢٩، "العملية والواقع" (محاولة فى الهيئة)، ١٩٢٩، ١٩٣٠، ط٢، "مغامرات الأفكار"، ١٩٣٣، ١٩٤٧، ط٢، "أنماط الفكر"، ١٩٣٨، "محاولات فى العلم والفلسفة"، ١٩٤٧.

وايلتنر :

أحد مؤرخى العلوم المحدثين الذين أعادوا رسم تاريخ طريقة فيات.

ويلسون، جوان :

عالم الجبر الأشهر فى الرياضيات وصاحب مبرهنة تحمل اسمه هى "مبرهنة ويلسون". فقد كشف جوان ويلسون عن خاصية الأعداد الأولية.

ويبك، فرانز :

مؤرخ العلوم الغربى الحديث الذى مثلت أعماله واحدة من تلك الاستثناءات النادرة فى التأريخ الغربى الحديث للرياضيات العربية وفلسفتها.

ويتاكر، ادموند تايلور :

رياضى تمثل التاريخ النهائى لحل المعادلات العددية والجبر.

وايتسايد، ديريل توماس :

هو المحقق لآثار اسحق نيوتن الرياضية تحت عنوان :

The Mathematical Papers of Isaac Newton, Cambridge, Mass, London, University Press, 1964.

(ي)

اليزدي، شرف الدين :

سجل محمد بكر اليزدي أن الكاشي، وهو يصوغ مبرهنة ابن قرة، نسي أن qn يجب أن يكون أولياً، وذكر أنه قاد إلى خطأ آخر، فقد اعتبر الكاشي أن ٢٠٢٤ و ٢٢٩٦ هما عدنان متحابان، ولم ينتبه إلى ذلك الخطأ، بل أخطأ خطأ آخر في ذكره القواسم الفعلية للعدد ٢٢٩٦ ، وبعد الكاشي، أخطأ شرف الدين اليزدي في كتابه "كنه المراد في علم الوفاق والأعداد"، حسب محمد بكر اليزدي.

اليزدي، محمد بكر (ت عام ١٦٣٧ تقريباً):

وهو رياضي ذكر كتاب "مفتاح الحساب" والكسور العشرية كما عرض لها الكاشي. ولجأ اليزدي إلى الكسور العادية والكسور الستينية. وسجل اليزدي أن الكاشي، وهو يصوغ مبرهنة ابن قرة، نسي أن qn يجب أن يكون أولياً، وذكر أنه قاد إلى خطأ آخر، فقد اعتبر الكاشي أن ٢٠٢٤ و ٢٢٩٦ هما عدنان متحابان، ولم ينتبه إلى ذلك الخطأ، بل أخطأ خطأ آخر في ذكره القواسم الفعلية للعدد ٢٢٩٦ .

يونس، ج. ر. :

رياضي مؤرخ لحل المعادلات العددية والجبر، فيما بين شرف الدين الطوسي وفيات.

مصطلحات الهندسة والمناظر والفلك

(A)

Abération, Aberration زيف

يطلق على معان : (١) التقزح الحادث عند نفوذ الضوء الأبيض في العدسات ويقال عنه الزيف اللوني؛ (٢) التغير الظاهري الدوري الذي يشاهد في مواضع النجوم الثوابت من جراء حركة الأرض في فلكها حول الشمس ويقال عنه الزيف الفلكي؛ (٣) الظاهرة التي تتلخص في أن الحزمة الضوئية إذا كان سهمها على سمت محور السطح الكروي، فإن مجموعات الأشعة التي تكون نقاط سقوطها على السطح دوائر حول المحور إذا انعكست أو انعطفت عند السطح تتلاقى هي أو امتداداتها كل في نقطة على المحور ويقال عنها الزيف الكروي.

Abscisse, Abscissa (coordonnée X) إحداثى سيني

الإحداثى السيني للنقطة، فاصلة النقطة أو سين النقطة، هو المسقط الأول للزوج المرتب الذي يمثل النقطة، ويساوي بعد النقطة عن محور الصادات، مقيسا في اتجاه يوازي محور السينات فالنقطة (٣،٤) مثلا احداثيها السيني ٣ . وهي تشتق من اللفظ اللاتيني *abscissa lineae* : *abscissa* (وهو يعني الخط المقطوع)، ومن اللفظ اللاتيني أيضا *abscidere* وهو يعني القطع، ويرجع المصطلح إلى لينينير (١٦٤٦-١٧١٦). لكن كاجوري (١٩٠٦، ص ١٨٥) أورد أن اللفظ *abscissa* ظهر للمرة الأولى في عمل لاتيني صدر عام ١٦٥٩، وكان صاحبه هو ستيفانوديللي أنجللي (١٦٢٣-١٦٩٧)، وكان أستاذا للرياضيات بروما، وقد نسب كاجوري ذلك إلى مورييس كانتور.

Algorithm, Algorithm خوارزمية

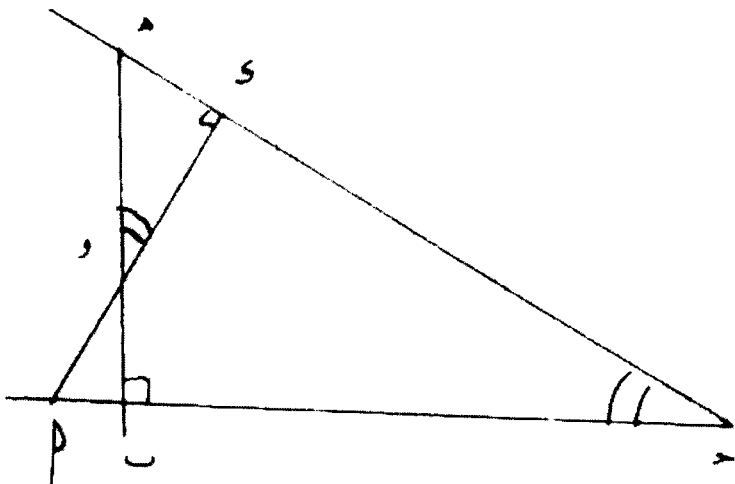
طريقة مبرمجة ذات خطوات منتهية تؤدي إلى حل أو نتيجة مبتغاة، وهي منسوبة إلى الرياضى محمد بن موسى الخوارزمي.

Angle زاوية

الزاوية شكل يتكون من نصفى مستقيمين يبدآن من نقطة واحدة هي رأس الزاوية *vertex*، ويشترك اللفظ *Angle* من اللفظ اللاتيني *Angulus* الذي ظهر في القرن الثاني عشر الميلادي، والذي يشتق بدوره من السنسكريتية *-ank* أو *-ang*، الذي يشير إلى فكرة الانحناء..

مختلفا التوازي Anti-parallèle, Anti-parallel

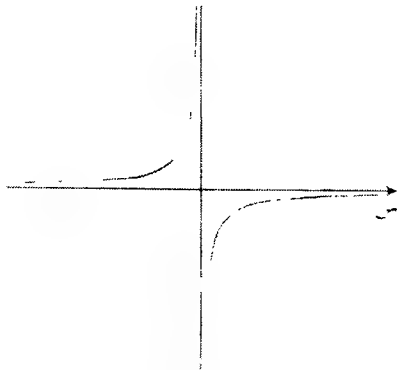
يسمى الخطان أ ح، أ ء، مختلفى التوازي، إذا صنعنا، مع خطين آخرين، مثل هـ ب ، هـ ح، زوايا بحيث تكون الزاوية التى يصنعها أ ح مع هـ ب مساويا للزاوية التى يصنعها أ ء مع هـ ح،



وتكون الزاوية التى يصنعها أ ح مع هـ ح مساوية للزاوية التى يصنعها أ ء مع هـ ب، كما فى الشكل التالى :

محور اقتراب، خط اقتراب Asymptote, Asymptote

إذا سارت نقطة بحيث تقارب خطا ما ولكنها لا تصل إليه سمي هذا الخط خط اقتراب أو محور اقتراب بالنسبة إلى النقطة :



محور

Axe, x-Axis

المحور السيني. وقد ظهر اللفظ في اللغة الإنجليزية في عبارة "محور ارتفاع المخروط" عام ١٥٧١.

Axes de coordonnées, Axis of coordinatesمحور الإحداثيات

الإحداثى السيني، وهو الخط الذى يقاس عليه (أعلى موازاته) الاحداثي.

(B)

منصّف زاوية Bissectrice, Bisector

مستقيم يمر برأس الزاوية ويقسمها إلى زاويتين متساويتين.

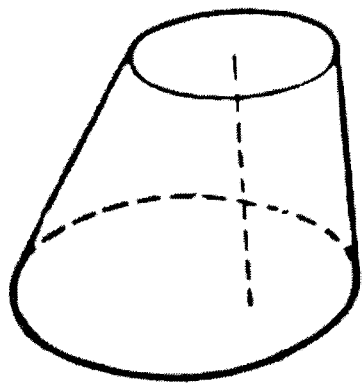
(C)

دائرة Circle

هي منحنى مستو مغلق تبعد جميع نقاطه بعدا ثابتا عن نقطة واقعة في مستوية، ويسمى مركز الدائرة، كما يسمى البعد الثابت نصف قطر الدائرة.

مخروط Cone, Cône

هو مجسم تحيط به قطعة من سطح مستو تسمى قاعدة *BASE* المخروط، و سطح جانبي يتولد عن قطع مستقيمة تسمى عناصر *ELEMENTS* المخروط تمر بنقطة ثابتة ليست في المستوى تسمى رأس *VERTEX* المخروط، وتنتهي على محيط القاعدة. والبعد العمودي من رأس المخروط إلى مستوى قاعدته يسمى ارتفاع *ALTITUDE* المخروط، والمستقيم المار برأس المخروط ومركز قاعدته يدعى محور *AXIS* المخروط، ويكون المخروط دائريا *CIRCULAR* أو ناقصيا *ELLIPTIC* حسب كون قاعدته دائرة أو قطعاً ناقصاً، والمخروط الدائري المائل *OBLIQUE CIRCULAR CONE* هو مخروط دائري محوره ليس عمودياً على قاعدته، والمخروط الدائري القائم *RIGHT CIRCULAR CONE* هو مخروط دائري محوره عمودي على قاعدته، وبالإمكان أن يتولد المخروط الدائري القائم عن دوران مثلث قائم الزاوية حول أحد ضلعي القائمة، والارتفاع الجانبي للمخروط *SLANT HEIGHT* هو طول أحد عناصر المخروط ويسمى في هذه الحالة راسم المخروط، والمساحة الجانبية *LATERAL AREA* للمخروط هي مساحة السطح الجانبي، والمساحة



الجانبية للمخروط الدائري القائم تساوى ط نق ل حيث نق يساوى نصف قطر قاعدته، ل طول الراسم للمخروط القائم، وحجم $VOLUME$ المخروط يساوى ثلث حاصل ضرب مساحة قاعدته فى ارتفاعه، والمخروط المقطوع $FRUSTUM\ OF\ A\ CONE$ هو جزء من مخروط محصور بين قاعدته وبين مستو يقطع المخروط موازيا للقاعدة:

وحجم المخروط المقطوع يساوى مثلث ارتفاعه ع (أى ثلث المسافة بين قاعدتيه) مضروبا فى مجموع مساحتي قاعدتيه (م_١، م_٢)، والجذر التربيعى لحاصل ضربهما أى أن حجم المخروط المقطوع $= \frac{1}{3} ع (م_1 + م_2 + م_1 م_2 + م_2 م_1)$ ، والمساحة الجانبية للمخروط الدائري القائم المقطوع $= ط ل (نق ١ + نق ٢)$ حيث ل تساوى الارتفاع الجانبى له . نق ١ ، نق ٢ نصف قاعدتيه المتوازييتين.

إنشاء، عمل Construction, Construction

عملية رسم الشكل الهندسى ليحقق شروطا معينة، وفى إثبات أو براهين النظريات يرسم الشكل المفروض وقد تضاف إليه خطوط أخرى تؤدي إلى البرهان أو إلى الحل المطلوب.

(D)

Démonstration par l absurde, Proof by contradiction, Reductio-ad-absurdum

البرهان بالخلف، البرهان بالتناقض، وهو احدى طرق البرهان الغير المباشر، فمثلا إذا أردنا إثبات أن $F \leftarrow N$ وأثبتنا أن $F \leftarrow N$ هي تناقض يكون هذا إثباتا للعبارة $F \leftarrow N$ ، بالتناقض، وسبق أن استعمل إقليدس البرهان بالخلف في كتابه "الأصول".

Dérivée, Derivative مشتقة

هي معدل التغير اللحظي لدالة D ما بالنسبة إلى متغيره المستقل s . إذا كان الرمز s يعبر عن متغير ما حقيقى وتغيرت قيمة s من القيمة s_1 إلى القيمة s_2 ، فإن المقدار $s_2 - s_1$ يسمى باسم التغير فى s ويرمز له بالرمز h ، بالرمز s (ونقرأ دلنا s)
أى أن $h = s_2 - s_1$ ، $s = s_2 - s_1$
ولا بد من تسجيل :
١- الرمز s ليس معناه x بل هو رمز واحد يعبر عن مقدار التغير فى s .
٢- المقدار s قد يكون موجبا أو سالبا أو صفرا حسب كون $s_2 > s_1$ أو $s_2 < s_1$ أو $s_2 = s_1$.
٣- إذا كان s متغيرا آخر فإن التغير فى s نرمز له بالرمز h وإذا كان s متغير ثالث فإن التغير فى s نرمز له بالرمز h ، وهكذا.....
مثال : إذا تغيرت s من $2,6$ إلى $3,4$ فإن $s = s_2 - s_1 = 3,4 - 2,6 = 0,8$.
مثال آخر : إذا تغيرت s من 24 إلى 18 فإن $s = s_2 - s_1 = 18 - 24 = -6$.

Deviation الانحراف

وهو القيمة المطلقة للانحراف عن الوسط. فإذا كانت s_1 قيمة ما للمتغير العشوائى الذى وسطه وانحرافه المعيارى E . فإن الانحراف $|s_1 - E|$ حيث
 s_1 هو وسط العينة s_1 ، ... ، s_n

Directrice, Directrix الدليل

هو المستقيم الثابت فى القطوع المخروطية

قسمة توافقية لقطعة مستقيمة Division harmonique dune ligne, harmonic

Division of a line

يقال لقطعة مستقيمة رنها مقسومة قسمة توافقية عندما تكون مقسومة من الداخل والخارج بالنسبة نفسها.

(E)

مُجَسِّمُ القطع الناقص أو الاهليلجى Ellipsoide, Ellipsoid

هو السطح الذى تكون قطوعه مع السطح المستوى إما قُطوعاً ناقصة أو دوائر، وهو متمائل حول ثلاثة خطوط مستقيمة متعامدة تسمى محاوره *AXES*، وتسمى نقطة تقاطع المحاور بمركز المجسم، كما يسمى أى وتر مار بالمركز بقطر المجسم، ومعادلة المجسم القياسية منسوبة إلى ثلاثة محاور ديكارتية متعامدة هى : $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$ ، مع ملاحظة أن مركز المجسم هو نقطة الأصل وأن طول القطع المستقيمة التى يقطعها من المحاور الثلاثة هى a ، $-b$ ، $-c$ ، c ، $-c$ ، وإذا كانت $a > b > c$ ، فإن a تسمى نصف المحور الأكبر للمجسم، وتسمى b نصف المحور الأوسط له، وتسمى c نصف المحور الأصغر، وإذا كانت تساوى كل من a ، b ، c ، فإن المجسم يصبح كرة، وإذا وضعنا الصفر مكان الواحد، فى المعادلة السابقة، أى إذا كانت المعادلة السابقة على الصورة التالية: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 0$ ، فإن المجسم يؤول إلى نقطة *POINT ELLIPSE*، وإذا كانت المعادلة السابقة على الصورة التالية:

$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = -1$ ، صار المجسم تخيلياً، أى *IMAGINARY POINT*.

(F)

Fonction monotone, Monotone Function دالة رتيبة

هي الدالة المتزايدة التي لا تتناقص أبدا أو المتناقصة التي لا تتزايد أبدا.

(H)

Hyperboloide, Hyperboloid مُجَسِّمٌ زَائِدِي

مجسم بعض مقاطعه قُطوع زائِدة، فالمجسم $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$ زائدي،
والمجسم $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$ زائدي أيضاً.

(I)

متباينة (متراجحة) Inégalité, Inequality

الجملة المفتوحة $2 \leq 3 + b < b$ هي متباينة خطية ذات مجهولين، والجملة $0 < 2 + b + 3 + c$ متباينة تربيعية ذات مجهول واحد.

(L)

Lettering of geometric figures ترميز الأشكال الهندسية

الشكل الهندسي هو تجميع لنقاط أو مستقيمات أو مستويات أو دوائر. ويرمز المهندس إلى النقاط، والخطوط، والسطوح، بحرف أو حروف كانت رائجة في اللغة اليونانية القديمة، وهي ترجع إلى أبقرط من تشيوس (حوالي ٤٤٠ قبل ميلاد السيد المسيح)، وذلك كما ورد في كتاب كاجورى سالف الذكر (ج١، ص ٤٢٠، نقلا عن موريتس كانتور).

Lettering of Triangles ترميز المثلثات

استعمل ريتشارد راولنسون في كتيب أعده في أكسفورد فيما بين عامي ١٦٥٥ و١٦٦٨، استعمل ريتشارد راولنسون، إذن، الحروف A, B, C ، للدلالة على جوانب المثلث، واستعمل a, b, c للإشارة إلى الزوايا المعاكسة. وفي ترميزه، كان الحرف A يشير إلى الجانب الأكبر، والحرف C إلى الجانب الأصغر، وذلك كما ورد في كتاب كاجورى سالف الذكر، ج٢، ص ١٦٢. وقد أعاد كل من ليونارد أويلير وتوماس سيمبسن تقديم هذا الترميز، بعد ذلك التاريخ بسنوات عدة.

(S)

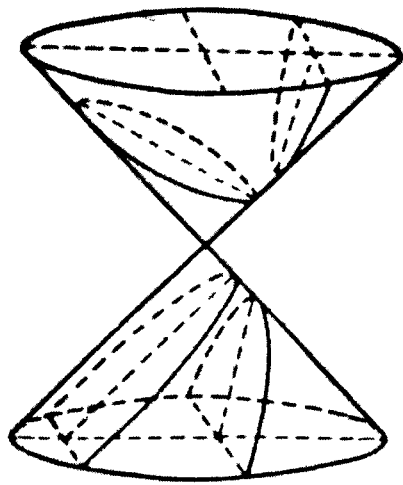
قرنى Séculaire, Secular

Sections coniques, Conic Sections مخروطية

المحل الهندسى لنقطة تتحرك بحيث تكون النسبة بين بعدها عن نقطة ثابتة وبعدها عن مستقيم ثابت تساوى نسبة ثابتة. وتسمى هذه النسبة باسم "الاختلاف المركزى" *ECCENTRICITY OF THE CURVE*، كما تسمى النقطة الثابتة باسم البؤرة أو *FOCUS*، وأما المستقيم الثابت فيسمى الدليل أو *DIRECTRIX*، فإذا كان الاختلاف المركزى مساوياً للوحدة، سمي المنحنى قطعاً مكافئاً *PARABOLA*، وإذا كان الاختلاف المركزى أقل من الوحدة سمي المنحنى قطعاً ناقصاً *ELLIPSE*، وإذا كان الاختلاف المركزى أكبر من الوحدة سمي المنحنى قطعاً زائداً *HYPERBOLA*، وتسمى القطوع المكافئة، والناقصة، والزائدة، بالقطوع المخروطية، لأنه بالإمكان أن تولد نتيجة قطع السطح المخروطى بمستوى فى وضع معين كما هو واضح فى الشكل التالى :

وبالإمكان إعطاء معادلة القطع المخروطى بأشكال مختلفة،

منها :



(١) إذا كان الاختلاف المركزى يساوى هـ وكانت البؤرة عند نقطة الأصل والدليل مستقيماً عمودياً على محور السينات يقطعه على بعد ف فإن معادلة القطع المخروطية تعطى بالعلاقة :

$$(١-هـ) \quad ٢س + ٢هـ ف + ٢ص = ٢هـ ف$$

(٢) معادلة من الدرجة الثانية فى متغيرين س ؛ ص؛ وبالإمكان كتابة هذه المعادلة على الصورة :

$$أس^٢ + ٢ب س ص + ح ص^٢ + ٢ء س + ٢هـ ص + و = ٠$$

Symétrie, Symmetry (corresponding) تماثل، تناظر،

الأضلاع المتناظرة، والنقاط المتناظرة، والزوايا المتناظرة، تنتمي إلى أشكال مختلفة، وتكون متناسبة بالنسبة إلى بقية أجزاء الشكل، فمثلا الوتران في المثلثين القائمي الزاوية يكونان متناظرين.

(T)

Terme, Term حد

(١) حدا الكسر هما بسطه ومقامه.
(٢) الطرف أو الحد في المتساوية أو اللامتساوية هو كل من الكميتين اللتين تفصل بينهما إشارة المساواة أو التباين.
(٣) إذا كانت هناك عبارة رياضية بشكل المجموع الجبرى لعدد من الكميات فإن كل كمية من هذه الكميات تعتبر حدا، فمثلا :

كل من s s^2 . $(s + ص)$ ، $ص - ١ / s + ١$ ؛

ص حا س تعتبر حدا في العبارة :

$s ص^2 - (س + ص) + ص - ١ / s + ١ + ص$ حا س

Triangle rectangle, Pythagorean Triangle مثلث فيثاغورى

Triangle droit, Right triangle مثلث قائم الزاوية

هو مثلث احدى زواياه قائمة، والضلع المقابل للقائمة يسمى الوتر.

موضوعات الهندسة والمناظر والفلك

ابن سنان، إبراهيم ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م - بغداد ٣٣٥هـ / ٩٤٦م):

وقد حقق رشدى راشد بحوث إبراهيم ابن سنان فى المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادى. وترجمها إلى اللغة الفرنسية وشرحه. وقد بينا فى الباب الأول برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ الرياضيات، إلى الكشف العلمى ليست طريقاً مباشرة ولا طريقاً قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمى فهى ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق التحقيق كما يستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية-تاريخية-فلسفية أخرى. لكن عندما بحثنا عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، فى الباب الثانى، توصلنا فى هذا الباب الثالث من الكتاب إلى طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة المسائل فى الرياضيات الكلاسيكية.

ابن سهل، أبو سعد العلاء :

كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه فى مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطليموس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص) فى علم المناظر عند العرب. كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل الآخر هو قصده قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبو لونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى.

ابن الهيثم، أبوعلى محمد بن الحسن (البصرة، النصف الثانى من القرن العاشر-مصر، بعد ٥٤٣٢هـ / سبتمبر ١٠٤٠م):

تناولت موسوعة رشدى راشد العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس (ج ١ : المؤسسون والشرح؛ ج ٢ : الحسن بن الهيثم؛ ج ٣ : الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية؛ ج ٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات). كان المقصود من موسوعته عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس هو التأريخ لحساب الصغائر بين القرن التاسع والحادى عشر الميلاديين، وبخاصة أعمال الحسن بن الهيثم. فظهر الجزء الثانى -ج ٢ : الحسن بن الهيثم-

من الكتاب قبل الجزء الأول -ج ١ : المؤسسون والشارحون-، وهو يضم أعمال الحسن بن الهيثم في حساب الصغائر أوفى الحسابات اللامتناهية في الصغر.

ابن يمين المتطبيب، نظيف :

طبيب ولاهوتي مسيحي ورياضي وهنستي وترجم بعض الإضافات في المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس، وكان معاصرا لابن سهل ومراسلا له.

أبولونيوس (حوالي ٢٢٥ ق. م.):

وهو من أهل برجا، في الإسكندرية، صاحب الكتاب المرجعي-العمدة في "المخروطات" على مدار تاريخ الرياضيات بعامة. تأثر فيه بالبحوث السابقة عليه في المخروطات، لكن من دون أن يخلو كتابه من الأصالة، بل هناك تعميم كبير مهم في معالجته للمخروطات وتحليله لها. وله أعمال أخرى في تخفيض النسبة، وتخفيض المساحة، وتحديد القطع، والمماس، ومكان الكواكب، والانحدار، وغيرها من الموضوعات الرياضية المختلفة.

إراتوستينيس (ت حوالي ١٩٤ ق. م.):

وهو جغرافي من علماء الإسكندرية في العالم القديم، أنظر : هيث، تاريخ الرياضيات اليونانية : *TH. HEATH, A history of Greek Mathematics, Oxford At Thr Clarendon Press, 1960, volume II, p. 16.*

أريستارخوس (ت حوالي ٢٣٠ ق. م.):

وهو من أهل ساموس، وهو فلكي ومعلم في الإسكندرية، وهو الذي زعم أن الشمس هي مركز الكون، وهي النظرية التي أثبتها العلماء فيما بعد. أنظر فيما يتعلق بأريستارخوس، كتاب هيث، تاريخ الرياضيات اليونانية، ج ٢، الفقرة XII، ص ١-١٥، حيث أشار هيث إلى أن مؤرخي الرياضيات اليونانية لم يدرسوه بالقدر الكافي.

(ب)

بطلميوس، كلوديوس (حوالي ١٤٠-١٦٠م) :

علم في كل من أثينا والإسكندرية، وكان كتابه الأول يعرف باسم "الكتاب الأول من المجموعة الرياضية"، وكتب مجموعة أخرى سماها باسم "التركيب" أو "سونتاكسيس"، ولذلك سمي العرب المجموعة الأولى، باسم "المجسطي"، وهي مختصر للبحوث السابقة في حجم الأرض، وتحديد بعض المواضع، وحسن جداول هيبارخوس عن الأوتار، ووسع من مجال الكسور الستينية، وقد قورن كتابه عن "المجسطي" بكتاب "الأصول" لإقليدس، بسبب عرضه لكل المعارف السابقة في صورة مبوبة ومنسقة تنسيقاً منطقياً صارماً.

البلور أو البلور :

هو نقل عن اللفظ اليوناني القديم *berullos* من بعد تبديل الحرفين *r* و *l*، ويدل التعبير اليوناني على الزمرد الريحاني الشفاف أو الزمرد المصري *beryl*، والمقصود هو البلور الصخري الشفاف أو الصوان، ذو قرينة الانكسار $1,544 < n < 1,0553$ ، وذو الثقل النوعي 2,65، والتركيب الكيميائي SiO_2 ، وذلك كما ورد في الجداول التي أوردها المحققان حسن وخفاجي في تحقيقهما للكتاب : شرف الدين أبو العباس أحمد بن يوسف التيفاشي، "أزهار الأفكار في جواهر الأحجار"، القاهرة، ١٩٧٧ .

(د)

ديكارت، رنيه (١٥٩٦-١٦٥٠)،:

وهو رياضى وفيلسوف فرنسى مؤسس الفلسفة الغربية الحديثة. بحث رشى راشد فى "هندسة ديكارت والفرق بين المنحنىات الهندسية والمنحنىات الآلية"، وحرر كتاب "ديكارت والعصر الوسيط"، دراسات الفلسفة الوسيطة ، باريس، فران، ١٩٩٧، ص ١-٢٢، فى اللغة الفرنسية.

ديوقليس (حوالى ١٨٠ ق. م.):

وهو الرياضى الذى اكتشف المنحنى المعروف باسم *CISSOID*، والذى استعمله لحل مسألة المتناسبين الأساسيين، وهو كذلك صاحب منهج حل معادل بعض المعادلات التكعيبية الواقعة عند تلاقى قطع ناقص وقطع زائد، وذلك نقلا عن رواية انتوسيوس، كما أورد هيث، تاريخ الرياضيات اليونانية، ج٢، مرجع سبق ذكره، ص ٢٠٠ .

(س)

سنيلليوس :

قلب اكتشاف قانون سنيلليوس عند ابن سهل في القرن العاشر الميلادي، التصور السائد لتاريخ العلوم، بل قاد إلى صياغة مغايرة لمسألة إعادة اكتشاف هذا القانون مرات عدة. وإلى جانب أسماء سنيلليوس وهارويورنيه ديكارت، لابد، من بعد تأريخ رشدی راشد للعلوم، إضافة اسم ابن سهل في قائمة من صاغوا قانون سنيلليوس.

(ط)

الطوسي ، شرف الدين هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي (١١٧٥م):

وهو من طوس بخراسان. وتردّد على طوس نفسها. واحتفظ بجزء من كتبه فيها. وأقام فى الموصل - قبل ١٩ من ربيع الأول سنة ٦٧٥ هـ أى ٢١ أغسطس سنة ١٠٨١١ م- وحلب ودمشق. ومرّ بهمدان. إن أبا الفضل بن يامين المتوفى سنة ٦٠٤ هجرية (٧٠٢١م) قرأ على شرف الدين الطوسى عند وروده إلى حلب ، وكان الشرف رياضياً وحكماً. وكان أبو الفضل الحارثى المتوفى ٩٩٥ هـ - ٢٠٢١ م قد أورد أن شرف الدين الطوسى جاء إلى دمشق فى ذلك الوقت ، وكان مهندساً رياضياً.

(٤)

العدسة المحدبة الوجهين :

أنهى ابن سهل دراسته بإنشاء عدسة محددة بجزأين من مجسمين زائدين دورانيين حول المحور نفسه ، مصنعة من البلور نفسه للعدسة السابقة. واستعمل النتيجة التي أثبتتها خلال دراسته العدسة المستوية المحدبة مفترضاً مبدأ الرجوع العكسي للضوء (العودة المتطابقة). وتظهر العدسة :حدبة الوجهين وكأنها التصاق عدستين مستويتين محدبتين.

(غ)

الغُنْدِجَانِي، أحمد بن أحمد بن جعفر :

يأتى من منطقة صغيرة فى إيران، له كتيب عن "القبلة".

(ق)

القسمه التوافقية :

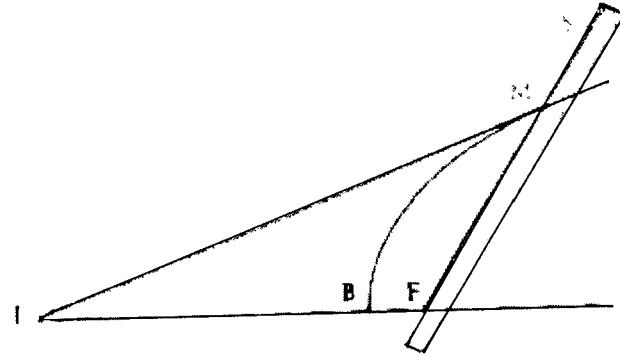
تناولت أبحاث ابن سهل الهندسية المخروطات بغض النظر عن تطبيقها، كما تشهد على ذلك بحوثه في خواص القطوع المخروطية الثلاثة. فهو يبحث خصائص القسمه التوافقية أو مفهوم المقطع الذى هو حالة خاصة منها. وتتشابه هذه الخصائص التى درسها ابن سهل مع بعض تلك التى درسها أبو لونيوس ، كالقضايا من ٨٣ حتى ٠٤ من الكتاب الثالث من "المخروطات"، تمثيلا لا حصراً.

القطع الزائد :

(١) القطع المخروطى الذى اختلافه المركزى أكبر من الواحد الصحيح.

(٢) ما ينشأ من قطع سطح مخروطى دائرى قائم وامتداده من جهة رأسه بمستوي ميل على مستوى دليله بزوايه أكبر من زاوية ميل أحد الرواسم على مستوى الدليل، والصورة المعيارية لمعادلة القطع الزائد الذى مركزه : النقطة (ك ، ل)، هي: $\frac{ل}{ب} - \frac{ل}{ص} = ١$ ، وذلك بالنسبة إلى محورين إحداثيين متعامدين، ويكون القطع الزائد $\frac{ل}{ب} - \frac{ل}{ص} = ١$ ، متماثلاً بالنسبة إلى المحورين الإحداثيين، ويكون مركزه نقطة الأصل، ويقطع محور س فى النقطتين (أ ، ٠) ، (ـأ ، ٠)، وهما رأسا القطع الزائد، والخط الواصل بينهما وطوله ٢ هو المحور العرضى للقطع *TRANSVERSE AXIS*، أما الخط المعامد له الواصل بين النقطتين (٠ ، ب) ، (٠ ، ـب) ، فهو المحور المرافق *CONJUGATE AXIS*، وعلى هذا يكون أ ، ب نصفى طول هذين المحورين، فإذا كانت إحدى البؤرتين هى النقطة (ح ، ٠) ، كان $\frac{ل}{ب} + \frac{ل}{ص} = ١$ ، وأما الاختلاف المركزى فهو أ / ح، ومحورا الاقتراب *ASYMPTOTES* للقطع الزائد هما $\frac{ل}{ب} - \frac{ل}{ص} = ٠$ ، $\frac{ل}{ب} + \frac{ل}{ص} = ٠$ ، ويكون القطعان الزائدان متشابهين *SIMILAR* ، إذا كان اختلافهما المركزىان متساويين، ويكون القطعان الزائدان مترافقين، إذا كان المحور المستعرض لأحدهما هو المحور المرافق للآخر، والمحور المرافق للأول هو المستعرض للآخر، ويكون القطع الزائد قائماً *RECTANGULAR, EQUIANGULAR OR EQUILATERAL*، إذا كان أ ، ب فيه متساويين، فكل من القطعين $\frac{ل}{ب} - \frac{ل}{ص} = ١$ ، $\frac{ل}{ب} + \frac{ل}{ص} = ١$ قطع زائد قائم. ومن أمثلة حدوث القطع الزائد فى الطبيعة مسارات الشهب.

لنأخذ قطعاً زائداً ذا بؤرتين F و F' ، طول محوره المعترض $2a$. تتميز كل نقطة M من الفرع المحيط بالبؤرة F بالمعادلة التالية : $MF'-MF=2a$ لتكن S نقطة على امتداد FM ، معنا : $(SM+MF')-SF=2a$
الشكل التالي :



القطع المكافئ :

منحنى مستو يكون بعد أى نقطة عليه من نقطة ثابتة (البؤرة) فى المستوى مساوياً لبعدها عن خط ثابت (الدليل). وهو أيضاً القطع المخروطى الناتج من تقاطع مستو مواز لأحد رؤاسم المخروط مع السطح المخروطي. ويطلق

على الخط المار بالبؤرة عمودياً على الدليل اسم محور القطع المكافئ، وهو يقطع المنحنى عند الرأس، وأما الوتر المار بالبؤرة عمودياً على المحور فيسمى باسم "الوتر البؤرى العمودي"، ومن أمثلة وجود هذا المنحنى المسار الذى تسلكه قذيفة أطلقت فى اتجاه غير رأسي. لنأخذ مكافئاً بؤرته F ، ومستقيماً H متعامداً مع المحور يخترق المكافئ فى نقطتين A و B . لكل نقطة M من القوس AB ذات إسقاط H على H ، نرى :

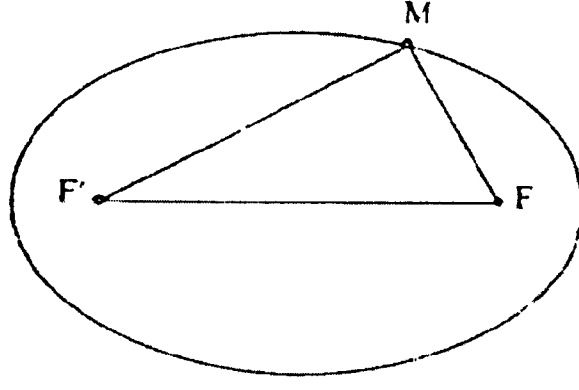
القطع الناقص أو الإهليلج، ELLIPSE :

إذا قطع السطح الجانبي للمخروط الدائرى بمستوى يميل على محوره بحيث يكون المقطع منحنياً مغلقاً، فإن منحنى التقاطع يسمى قطعاً ناقصاً، أو هو المنحنى المستوى الذى يتكون من جميع النقاط التى مجموع بعدى كل منها عن نقطتين ثابتتين فى المستوى يساوى كمية ثابتة، وتسمى النقطتان الثابتتان بؤرتى القطع أو $FOCI$ أو هو القطع الذى له اختلاف مركزى $ECCENTRICITY$ أقل من الواحد الصحيح، والقطع الناقص متماثل بالنسبة إلى مستقيمين يسميان محوريه $AXES$ ، ومحورا القطع غير متساويين، ويسمى الأكبر منهما المحور الأكبر $MAJOR AXIS$ ، ويسمى الآخر، المحور الأصغر $MINOR AXIS$ ، وإذا انطبق محورا القطع على محورى الإحداثيات انطبق مركزه $CENTER$ على نقطة الأصل -أنظر الشكل ص ٩٧، عمود أيس أعلى- وعندها تكون معادلته

على الصورة: $\frac{1}{s} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$ ؛ حيث ترمز أ إلى نصف المحور الأكبر *SEMIMAJOR AXIS*، وترمز ب إلى نصف المحور الأصغر *SEMIMINOR AXIS*، وتسمى هذه الصورة لمعادلة القطع الناقص بالمعادلة المعيارية له *STANDARD FORM*، والمسافة بين كل من نهايتي المحور الأصغر وأي بؤرة من بؤرتي القطع الناقص تساوى أ؛ وإذا كانت المسافة من مركز القطع إلى إحدى بؤرتيه = ح فإن النسبة أ / ح تسمى الاختلاف المركزي للقطع الناقص *ECCENTRICITY*، ويقال لقطعين ناقصين إنهما متشابهان *SIMILAR* إذا كان لهما الاختلاف المركزي نفسه، وتسمى نقطة تقاطع محوري القطع الناقص بمركز القطع *CENTER*، كما تسمى نقطتا القطع مع محوره الأكبر برأسي القطع *VERTICES*، وتسمى الأوتار المارة بأى من بؤرتي القطع والعمودية على محوره الأكبر بالأوتار البؤرية العمودية *LATERAL RECTA*، ومفردها *LATUS RECTUM*، وإذا كان مركز القطع الناقص هو النقطة (هـ، ك)، وكان محوره موازيين لمحورى الإحداثيات، فإن معادلته تصبح: $\frac{1}{x^2} + \frac{1}{y^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}$ (ص - ك) $\frac{1}{a^2} = 1$ ، وإذا وضعنا الصفر مكان الواحد، فى المعادلة السابقة، فإن القطع يؤول إلى نقطة *A POINT- ELLIPSE*، وإذا وضعنا (١-) مكان الواحد، فى المعادلة السابقة نفسها، فإن المعادلة تصبح معادلة قطع ناقص تخيلى *IMAGINARY ELLIPSE*، والمعادلتان البارامتريتان للقطع الناقص الذى مركزه نقطة الأصل ومحوراه منطبقان على محورى الإحداثيات، هما :

س = أ جتا a ، ص = ب جا a ، حيث ترمز كل من أ، ب إلى نصفى محورى القطع الأكبر والأصغر على الترتيب، كما ترمز a إلى الزاوية التى رأسها نقطة الأصل والموجودة فى المثلث القائم الزاوية وء ن حيث الضلع ون = الإحداثى السينى للنقطة ع الواقعة على القطع، والضلع وء ن = الإحداثى الصادى لنقطة على الدائرة التى مركزها نقطة الأصل (و) ونصف قطرها أ، وتسمى الزاوية a بزاوية الاختلاف المركزى *ECCENTRIC ANGLE*، كما تسمى الدائرتان المرسومتان فى الشكل السابق، واللذان مركزهما نقطة الأصل ونصفا قطريهما أ، ب بدائرتي الاختلاف المركزى للقطع *ECCENTRIC CIRCLES*، وبالإمكان أن نعتبر الدائرة قطعاً ناقصاً اختلافه المركزى يساوى صفرأ، ومساحة القطع الناقص *AREA OF AN ELLIPSE* تساوى أ ب، والمحل الهندسى لمنصفات أى مجموعة من الأوتار المتوازية فى القطع الناقص يسمى قطر القطع الناقص *DIAMETER OF AN ELLIPSE*، وكل قطر يمر بمركز القطع، كما أن كل قطر ينتمى إلى مجموعة من الأوتار المتوازية فى القطع، وقطر مجموعة الأوتار المتوازية هذه والقطر الأول. يسميان قطرين مترافقين *CONJUGALE DIAMETERS*، والمحل الهندسى لنقطة تقاطع أزواج

المماسات المتعامدة للقطع الناقص وهو دائرة يسمى دائرة التوجيه للقطع الناقص *DIRECTOR CIRCLE OF AN ELLIPSE*، ومن أمثلة وجود القطع الناقص في الطبيعة، مسارات الكواكب. استعمل ابن سهل الخاصة المتعلقة بتعيين ملتقى النقاط M ، التي يمثل مجموع بعديها عن نقطتين ثابتتين F و F' مقداراً ثابتاً ١، أي: $MF+MF'=1$ ؛ الشكل التالي:



(ك)

كبلر، يوهانس (١٥٧١-١٦٣٠):

وهو عالم فلكى محدث.

كلاجت، مارشال :

مؤرخ العلوم فى العصور الوسطى الأمريكى، وعضو هيئة تدريس معهد الدراسة المتقدمة، بجامعة برنستون، وكان مدير معهد البحوث فى الإنسانیات فى جامعة فايكونسن على مدار خمس سنوات، بحث فى الفيزياء الوسيطة المتقدمة، والعلم اليونانى، والميكانيكا فى العصور الوسطى، وعلم الأتقال فى العصر الوسيط، وهو محرر "المسائل النقدية فى تاريخ العلوم"، والمحرر المشارك لدورية "أوروبا فى القرن الثانى عشر الميلادى وأسس المجتمع الحديث"، ونشر دراساته المتعددة فى الدورية العلمية فى تاريخ العلوم "إيزيس"، وفى مجلة "أوزيريس"، وهو عضو الجمعية الأمريكية الفلسفية"، وزميل "الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم"، و"الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم"، وهو عضو "الجمعية الألمانية لتاريخ الطب، والعلم الطبيعى، والتقنية"، وكان أول نائب رئيس لجمعية تاريخ العلوم بين عامى ١٩٥٧-١٩٥٩ .

(م)

الماهاني ، محمد عيسى بن أحمد أبو عبد الله :

عالم رياضيات وفلك، عاش في القرن الثالث الهجري / التاسع الميلادي، ولم يحدد المؤرخون له تاريخ ميلاد أو تاريخ وفاة. عاش الماهاني في بغداد في وسط علماء الرياضيات والفلك.

مبدأ الرجوع المعاكس للضوء :

أنهى ابن سهل دراسته بإنشاء عدسة محددة بجزأين من مجسمين زائدين دورانيين حول المحور نفسه ، مصنعة من البلور نفسه للعدسة السابقة. واستعمل النتيجة التي أثبتتها خلال دراسته العدسة المستوية المحدبة مفترضًا مبدأ الرجوع العكسي للضوء (العودة المتطابقة). وتظهر العدسة محدبة الوجهين وكأنها التصاق عدستين مستويتين محدبتين.

مبرهنة منلاؤس :

إن القضية الأولى في الكتاب الثالث من عمل منلاؤس الذي يحمل عنوان "الكرة" أو *SPHERICA*، هي مبرهنة منلاؤس التي تحيل إلى المثلث الكروي وأي مستعرض (دائرة كبيرة) يقطع زوايا المثلث، وإنتاج ذلك عند الضرورة، لكن منلاؤس لم يستعمل المثلث الكروي في منطق المبرهنة نفسها إنما صاغ المبرهنة في لغة الدوائر الكبيرة المتقاطعة. فبين القوسين *ADB*، *AEC* وهما قوسا الدوائر الكبيرة، يتلاقى قوسان آخران لدوائر كبيرة هما القوسان *DFC*، *BFE*، ويتلاقى القوسان الآخران كذلك مع كل دائرة على حدة في النقطة *F*، وكل الأقواس هي أقل من أن تكون نصف-دائرة، مما يقضى بالبرهان على أن: $\sin CE / \sin EA = \sin CF / \sin FD . \sin DB / \sin BA$. وبدا أن منلاؤس قد أعطى ثلاث حالات أو أربع حالات، وهي تكفي للبرهان على المبرهنة تمامًا، ويتبع البرهان قضيتين بسيطتين استوعبهما منلاؤس من دون برهان، إنما برهنهما بطلميوس.

المدرسة الأبولونية :

المدرسة الرياضية التي تنتسب إلى منهج أبولونيوس.

المدرسة الأرشميدسية :

المدرسة الرياضية التي تنتسب إلى أرشميدس.

مرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) :

درس ابن سهل إشعال جسم قابل الاحتراق على مسافة معينة بانعكاس ضوء يقع منبعه على مسافة متناهية، أي للبحث عن إحداث إشعال في نقطة A تقع على مسافة معينة، من منبع ضوئي يقع في نقطة C . ولذا درس ابن سهل المرآة الإهليلجية. ولا تزال الكتابة حول المرآة الإهليلجية السابقة لنص ابن سهل ، عدا دراسة لأنتيميوس التراقي، مجهولة. وقد تعود قلة اهتمام الباحثين في المرايا المحرقة ، بمرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) إلى شروط موقعي المنبع والبؤرة. واقتصرت دراسة أنتيميوس التراقي على خاصية ازدواجية بؤر الإهليلج. وانطلق أنتيميوس التراقي من قوانين الانعكاس ، وأكد إن الشعاع المنبثق من إحدى البؤرتين ينعكس نحو الأخرى ؛ كما انه تبني طريقة "البساتي" لرسم الإهليلج رسمًا توافقيًا. اطلع ابن سهل على هذه الدراسة ، ولكنه أعاد كليًا دراسة هذه المسألة.

المرآة المكافئية :

شكلت المرآة المحرقة المكافئية، قبل ابن سهل بزمان طويل ، أحد محاور البحث العلمي الرئيسية. خلف ديوقليس وأنتيميوس التراقي ومؤلف مقتطف بوبيو، دراسات عدة حول المرآة المكافئية، يجدها الباحث كذلك في نص عُرب من اليونانية منسوب إلى دترومس. أما بالعربية ، وقبل ابن سهل ، فقد كتب حول هذه المرآة المكافئية كل من الكندي وأبو الوفاء البوزجاني. من هنا فقد شاع البحث العلمي حول المرآة المكافئية حتى القرن العاشر الميلادي.

المرايا المحرقة :

دارت دراسة المرايا المحرقة حول التساؤل عن الإشعال وعلى مسافة معينة بواسطة أشعة متوازية، أو منبثقة من منبع ضوئي موجود بدوره على مسافة متناهية ، لا من طريق الانعكاس وحسب بل من طريق الانكسار أيضًا. وكانت قوة تملكه نظرية القطوع المخروطية شرط قيامه بأبحاثه حول انعكاس الضوء وأدت إلى ولادة فصل انعكاس الضوء في العلوم. وكما في البحث في المرايا المحرقة ، انطلق من تطبيق البنى الهندسية ، وخصوصًا نظرية القطوع المخروطية ، على بعض الظواهر الضوئية للتوصل إلى الهدف التطبيقي ألا وهو: الإشعال من منبع ضوئي ، بعيدًا كان أم قريبًا.

المماس (خط التماس) :

مستقيم يقطع المنحنى في نقطتين منطقتين.

المنحنى :

المحل الهندسى لنقطة تتحرك تحت شروط معينة. فمنحنى الدائرة هو المحل الهندسى للنقطة التى تتحرك بحيث يساوى بعدها عن نقطة ثابتة مقدارا ثابتاً.

منلاؤس (حوالى ١٠٠م):

وهو رياضى يونانى قديم بحث فى الكريات وحساب المثلثات الكروية، وحسب الأوتار، وهو يذكر النظرية القائلة بأنه إذا قطع خط مستقيم أضلاع المثلث، فإن حاصل ضرب أطوال الأجزاء الثلاثة الغير المتقابلة، يساوى حاصل ضرب أطوال الثلاثة الأخرى.

(ن)

نظرية الأعداد :

وهي فرع من فروع الرياضيات يبحث في خواص الأعداد الصحيحة، من حيث كونها أولية، أو غير أولية، ومن حيث قابلية قسمتها بعضها على بعض.

(هـ)

الهندسة :

فرع من الرياضيات يدرس الخصائص الثابتة للمعطيات تحت تأثير تحويلات مختلفة.

الهندسة الاسقاطية :

هى نوع من هندسة الحدوث لا وجود للمستقيمات المتوازية فيها، أى أن كل مستقيمين يلتقيان.

الهندسة التحليلية :

هى الهندسة التى تمثل فيها النقاط تحليليا بواسطة إحداثيات، والتى تستخدم فيها الطرق الجبرية لحل المسائل.

هندسة الحدوث :

هى الهندسة المبنية على مسلمات أقليدس الخمس التى تميزها مسلمة التوازي عن غيرها من الهندسات الغير الأقليدية.

الهندسة الناقصة :

فرع من هندسة ريمان يتقاطع فيها أى خطين فى نقطتين دائما.

الهندسة الكروية :

وهى الهندسة التى تبحث فى الأشكال الواقعة على سطح الكرة، وهى حالة خاصة من حالات الهندسة الناقصة.

هيبسيكليس (حوالى ١٨٠ ق. م.):

وهو من الإسكندرية، وهو مؤلف المقالة الرابعة عشر من كتاب "الأصول" لأقليدس، وقد ذكره ديوفنطس الاسكندراني، بوصفه حدد تعريفا للعدد المضلع.

هيرون السكندرى (حوالى ٥٠ م.):

وهو رياضى يونانى قديم صنع آلات عدة، وبحث فى علم العدسات، وعلم الميكانيكا، وخواص الهواء، والريح، وعلم المساحة، وصاغ قاعدة أضلاع المثلث.

(و)

وتر الدائرة :

هو القطعة المستقيمة الواصلة بين أى نقطتين على محيطها.

وتر التماس (بالنسبة إلى نقطة تقع خارج الدائرة) :

وهو الوتر الواصل بين نقطتى تماس المماسين المرسومين للدائرة من هذه النقطة.

وتر المنحنى :

هو القطعة المستقيمة الواصلة بين أى نقطتين على المنحنى.

وتر الكرة :

هو القطعة المستقيمة الواصلة بين أى نقطتين على سطحها.

الفهرس العام

المقدمة ٣

.....؟ الانتقال من نظام معرفى إلى آخر ؟ ٣

سفر البداية ٢٣

..... الباب الأول ٢٣

..... توسيع المجال التاريخى للرياضيات الكلاسيكية ٢٣

..... الفصل الأول ٢٥

..... "فينومولوجيا" الرياضيات العربية ٢٥

..... الفصل الثانى ٧٩

..... "الأساطير الابستمولوجية" فى تاريخ العلوم ٧٩

الباب الثانى : ١٢٧

..... تاريخ الرياضيات العربية ١٢٧

..... الفصل الأول ١٢٩

..... الحقول العلمية الجديدة ١٢٩

..... الفصل الثانى ٢١٣

..... المخطوطات الجديدة ٢١٣

الباب الثالث ٣٠٧

..... فلسفة الرياضيات فى العربية ٣٠٧

..... الفصل الأول ٣٠٩

..... فلسفة الرياضيين ٣٠٩

..... الفصل الثانى ٤٢٥

..... رياضيات الفلاسفة ٤٢٥

الباب الرابع ٤٥٣

..... تربيض العلوم الاجتماعية ٤٥٣

الباب الخامس ٥٠٩

..... التاريخ التطبيقى للعلوم ٥٠٩

الخاتمة ٥٣٩

..... الدلالة التاريخية والمعنى العلمى ٥٣٩

..... لعمل رشدى راشد ٥٣٩

..... تاريخ العلوم ليس سلسلة من المعجزات ٥٣٩

مراجع الكتاب ٥٦١

فهرس المصطلحات ٦٠١

الفهرس التحليلى

المقدمة ٣

الانتقال من نظام معرفى إلى آخر ؟.....٣

١ - الفعالية المعاصرة٥

٢ - إعادة كتابة تاريخ العلم.....٨

٣- جيل رشدى راشد١٣

٤- نصف القرن المصرى الأخير١٣

٥- مسار رشدى راشد١٦

الهوامش :٢١

سفر البداية ٢٣

الباب الأول.....٢٣

توسيع المجال التاريخى للرياضيات الكلاسيكية٢٣

الفصل الأول.....٢٥

"فينومينولوجيا" الرياضيات العربية٢٥

I - المدخل التاريخى لإبستمولوجيا العلوم التاريخية٢٧

I-١- مفهوم الريادة فى العلم.....٢٩

١-١- الإبستمولوجيا التكوينية٣٠

أ- دور العلماء العرب٣١

ب- عودة إلى الريادة والرائد٣٢

ج- الكشف والاختراع.....٣٨

د- عودة إلى العبقرية العلمية.....٣٩

هـ - صياغة التصور الجديد لتاريخ العلم٤٠

II. المعايير فى كتابة التاريخ.....٤٣

٢-١- كتابة تاريخ الرياضيات الكلاسيكية٤٣

أ- نظريات أرسطو٤٥

ب - المسلمات٥٧

٢-١-١- البحث العربى عن المستحيل.....٤٨

أ- منهج رشدى راشد التاريخي٥١

ب- الانغلاق المعرفى٥٥

٢-٢- طرق تنظيم تاريخ العلوم٥٨

أ- تاريخ العلوم الحديث٥٩

ب- نظريات ديكرارت٥٩

ج- تطورات القرن السابع عشر الميلادي٦٢

د- أسطورة الثورة العلمية٦٣

هـ- تاريخ العلوم العربية ضمن تاريخ العلوم.....٦٥

و- دور الحركة الرومانسية٦٥

ز- عودة إلى النظريات العلمية عند رشدى راشد٦٨

ح- وضع المؤرخ أمام ذاته وثقافته٧٠

ط- عودة إلى تصور رشدى راشد لتطور العلوم٧١

٧٥	الهوامش
٧٩	الفصل الثاني
٧٩	"الأساطير الابستمولوجية" فى تاريخ العلوم
٨١	I- هدم الرؤية الأنثروبولوجية
٨٣	II- عصر النهضة العلمية
٨٤	أهمية العصر العربى فى تطور العلوم وتقدمها
٨٧	III- تغير صورة العلم
٨٨	أ- علم الهيئة عند بطليموس
٩٣	ب- نظرية كوبرنيكوس
٩٤	IV- الموقع اليونانى
٩٥	أ- عودة إلى رشدى راشد والتصور الغربى
٩٨	ب- دور اللغة فى التأسيس للعنصرية فى تاريخ العلوم
١٠٠	ج- نتائج التاريخ الأنثروبولوجى
١٠٢	د- مسألة الاستشراق
١٠٣	هـ- حوار الثقافات
١٠٥	و- ردة الفعل على الاستشراق
١٠٧	ز- الأحكام المسيقة الغربية
١٠٨	ح- نظرة حول الجبر العربى
١١١	V- نشأة الحداثة العلمية الكلاسيكية
١١٢	الأحكام والخبرة
١١٢	VI- العلم التطبيقى العربى أو "الاعتبار"
١١٣	أنواع "الاعتبار"
١١٣	١- النوع الأول من "الاعتبار" : استقراء الأحكام أو القوانين العامة
١١٣	٢- النوع الثانى من "الاعتبار" : اختبار صحة نتائج القوانين القياسية
١١٤	٣- النوع الثالث من "الاعتبار" : صياغة النموذج الإرشادى
١١٤	VII- بتر التاريخ الموضوعى
١١٦	العلاقة بين الجبر والهندسة
١١٧	VIII- اللغة العلمية العربية
١١٩	أ- الرموز الرياضية
١٢٠	أهمية العلم العربى فى دراسة العلم اليونانى
١٢٢	الهوامش

الباب الثانى : ١٢٧

١٢٧	تاريخ الرياضيات العربية
١٢٩	الفصل الأول
١٢٩	الحقول العلمية الجديدة
١٣١	أ- بدايات علم الجبر
١٣١	أولا : محمد بن موسى الخوارزمى أو إنشاء علم الجبر
١٣٤	١-١- هدف كتاب "الجبر والمقابلة"
١٣٥	١-٢- خطة كتاب "الجبر والمقابلة"
١٣٥	١-٣-١ المفردات الجبرية البحتة
١٣٧	١-٣-٢ المفردات المشتركة بين الجبر والحساب :
١٣٨	ثانيا : الكرجى أو البداية الثانية للجبر

١٤٠	ثالثا : بدايات الجبر فى القرنين العاشر والحادى عشر
١٤٠	١- الانقلاب فى الجبر الجديد
١٤٢	١-١- ميرھنة ابن قرّة
١٤٤	٢- توسيع مجال الحساب
١٥١	٣- علم اجتماع المعرفة الرياضية
١٥٤	رابعًا : الاستقراء الرياضى-عمل الكرجى والسموال
١٥٤	١- إعادة كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى
١٥٥	٢- نشأة صيغة ثنائية الحد وجدول معاملاتها
١٥٨	٣- الفرق بين الاستقراء الرياضى والاستدلالات الأخرى
١٦٥	٤- الاستقراء الرياضى عند الكرجى والسموال
١٦٨	ب - التحليل العددي
١٦٨	استخراج الجذر الميمى وابتكار الكسور العشرية
١٦٨	فى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى
١٦٩	ب-١:- الصياغة التاريخية المألوفة
١٧٠	ب-٢:- الطرق العددية ومسائل التقريب
١٧١	أ- طريقة "روفينى - هورنر"
١٧٢	ب- خطوات استخراج الجذر الخماسى لـ :
١٧٣	المرحلة الأولى :
١٧٥	المرحلة الثانية :
١٧٧	المرحلة الثالثة
١٨٣	ب- تقريب الجذر الأصم لعدد صحيح
١٨٥	ج- طرق تحسين التقريب
١٨٧	ثالثا : ابتكار الكسور العشرية
١٨٨	٣-١- مدرسة الكرجى : السموال
١٩١	٣-٢- ظاهرة الاقليدسى (٢٥٩)
١٩٢	٣-٣- الكاشى ^(١٨) (٦٣٤١-٧٣٤١)
١٩٧	٢-١- الحل العام لمعادلات الدرجة الثالثة كلها من تقاطع مخروطين؛
١٩٧	٢-٢- قيام الحساب الهندسى على اختيار طول وحدة.
١٩٧	ج- المعادلات العددية
١٩٧	أولا : حل المعادلات العددية والجبر
١٩٧	شرف الدين الطوسى ، فيبيت
١٩٧	١- الحساب العددي
٢٠١	٢- منهج الطوسي
٢٠٧	٣- الصلات بين الطوسى وفيبيت
٢١٢	الهوامش
٢١٣	الفصل الثانى
٢١٣	المخطوطات الجديدة
٢١٥	١- أولا : السموال بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)
٢١٦	١-١ - حسبته الجبر
٢١٨	١-٢- مشروع السموال العلمى
٢٢٢	١-٣- القوى الجبرية
٢٢٥	ثانيا : مخطوطات شرف الدين المظفر
٢٢٥	(أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي
٢٥٥	أو صياغة نظرية رياضية كاملة للتأسيس لمنهج روفينى - هورنر

مخطوطات الطوسي ، الصياغة النظرية الرياضية ، التأسيس لمنهج روفيني - هورنر الحديث.....	٢٢٦
١-٢- خلفاء الطوسي.....	٢٢٧
٢-٢- سيرة شرف الدين الطوسي وأعماله.....	٢٢٧
٣- ٢- نظرية شرف الدين الطوسي في المعادلات.....	٢٢٩
٢- ٤- ثنائية الجبر والهندسة ووحدهما.....	٢٣٦
٢- ٥- النظرية الهندسية للمعادلات ونشأة التصورات التحليلية.....	٢٣٩
٥- طريقة إيجاد النهايات العظمي.....	٢٤٦
ثالثا - أعمال ديوفنطس الاسكندراني الجديدة.....	٢٤٩
٣- ١- الوضع الجديد.....	٢٥٢
رابعا : الكرة المحرقة ودراسة الفارسي الكمية.....	٢٥٥
٤- ١- ابن سهل.....	٢٥٨
٤- ٢- الكاسر الكروي.....	٢٥٩
خامسا - مخطوطات ابن سهل وبداية علم الإنكساريات.....	٢٦٨
٥- ١- تغيير موقع ابن الهيثم في تاريخ العلوم.....	٢٦٩
٥- ٢- تراث ابن سهل.....	٢٧١
٥- ٣- المرأة المكافئية.....	٢٧٣
٥- ٤- مرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية).....	٢٧٩
٥- ٥- الانكسار وقانون سنيلليوس.....	٢٨١
٦- ٦- العدسة المستوية المحدبة والعدسة محدبة الوجهين.....	٢٨٤
٦- ٧- العدسة المحدبة الوجهين.....	٢٩٠
سادسا - مخطوطات القوهى فى الإسقاطات.....	٢٩٣
٦- ١- سمة البحث الهندسي.....	٢٩٤
٦- ١- ١- صياغة التصورات الاسقاطية، من دون أن يتطلب ذلك أية معرفة بالإسطرلاب، أو بعلم الفلك.	
وهدف القوهى إلى حل المسائل الهندسية فى أثناء صنع الإسطرلاب؛.....	٢٩٥
٦- ١- ٢- التعريف بالمصطلحات اللازمة :	٢٩٥
٦- ١- ٢- ١- لصياغة المسائل الهندسية ؛.....	٢٩٥
٦- ١- ٢- ٢- لتحديد مواضع نقاط الكرة السماوية؛.....	٢٩٥
٦- ١- ٣- دراسة إسقاط دائرة من الكرة السماوية؛.....	٢٩٥
٦- ٢- النظرة الاسقاطية.....	٢٩٨
٦- ١- ٢- إسقاطات الكرة وحدها؛.....	٢٩٩
٦- ٢- ٢- مسائل الإسطرلاب.....	٢٩٩
سابعا : مخطوطات أبى الفتح عمر بن إبراهيم الخيامى فى الجبر.....	٢٩٩
٧- ١- حياة الخيام.....	٣٠٠
٧- ٢- مشروع الخيام العلمي.....	٣٠٢
٧- ٢- ١- كتاب مفقود يذكره فى مقالاته "فى الجبر والمقابلة" يعرض فيه لاستخراج الجذر النونى	
والبرهان عليه ؛.....	٣٠٢
٧- ٢- ٢- رسالة فى شرح ما أشكل من مصادرات إقليدس؛.....	٣٠٢
٧- ٢- ٣- رسالة فى قسمة ربع الدائرة.....	٣٠٢
٧- ٣- البحث فى الجبر.....	٣٠٣
الهوامش.....	٣٠٥

الباب الثالث ٣٠٧

فلسفة الرياضيات فى العربية.....٣٠٧

م٤ تاريخ العلوم العربية ٧٢٣

٣٠٩	الفصل الأول.....
٣٠٩	فلسفة الرياضيين
٣١١	طبيعة العلاقات بين الفلسفة والرياضيات
٣١١	أولاً:إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥ هـ / ٩٤٦ م).....
٣١١	أول كتابة في العربية، كاملة، ومتكاملة في المنطق الفلسفي
٣١٤	١-١- نظرية البرهان عند إبراهيم ابن سنان
٣٢٤	١-١-١- مجال تطبيق التحليل الهندسي
٣٢٥	١-١-٢- تصنيف المسائل
٣٢٥	أ- المسائل المستوفاة الشروط :
٣٢٥	أ-١- المسائل الصحيحة والحلول المحددة.....
٣٢٥	أ-٢- المسائل المستحيلة أو الحلول الممتعة
٣٢٦	ب - المسائل التي تحتاج إلى تغيير بعض فروضها
٣٢٦	ب - ١- مسائل محدودة DIORISME
٣٢٧	ب- ٢- المسائل السيالة INDETERMINES، ولها قسمان:
٣٢٧	ب-٢-١- المسائل السيالة INDETERMINES، حصراً
٣٢٨	ب-٢-٢- المسائل السيالة INDETERMINES المحدودة.....
٣٢٩	ب-٣- المسائل التي تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض
٣٢٩	ب-٣-١- المسائل السيالة المضاف إليها شرط
٣٣٠	ب-٣-٢- المسائل المحدودة بشرط
٣٣٠	ب-٣-٣- المسائل الصحيحة الزائدة.....
٣٣٠	- وجهات الفروض الزائدة :
٣٣٠	- الفروض الزائدة المستحيلة
٣٣٠	- الفروض الزائدة الممكنة الغير المحدودة.....
٣٣١	- الفروض الزائدة الممكنة بشرط
٣٣١	- الفروض الزائدة الواجبة
٣٣٣	ثانياً : الحسن أبو على بن الحسن بن الهيثم
٣٣٣	(البصرة، النصف الثاني من القرن العاشر-مصر، بعد ٤٣٢ / سبتمبر ١٠٤٠م).....
٣٣٣	٢-١-تغيير موقع ابن الهيثم في تاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية
٣٤٢	٢-٢- التحليل والتركيب عند ابن الهيثم.....
٣٤٤	٢-٣- نظرية التحليل
٣٤٥	٢-٤-صناعة التحليل والعلم الجديد : "المعلومات"
٣٥٠	٢-٥- مجال تطبيق التحليل والتركيب
٣٥٠	٢-٦- تصنيف موضوعات التحليل
٣٥١	٢-٦-١- القسم النظري.....
٣٥١	٢-٦-١-١- المعاني الجزئية.....
٣٥١	٢-٦-١-١-١- المعاني الجزئية النظرية من علم العدد
٣٥١	٢-٦-١-١-٢- المعاني الجزئية النظرية من الهندسة
٣٥١	٢-٦-١-١-٣- المعاني الجزئية النظرية من الهيئة
٣٥١	٢-٦-١-١-٤- المعاني الجزئية النظرية من الموسيقى.....
٣٥٢	٢-٦-١-٢- القسم العملي.....
٣٥٢	٢-٦-١-٢-١- المعاني الجزئية العملية
٣٥٢	٢-٦-١-٢-١-١- المعاني الجزئية العملية من علم العدد
٣٥٢	٢-٦-١-٢-١-٢- المعاني الجزئية العملية من الهندسة
٣٥٢	٢-٦-١-٢-٢- القسم العملي المحدود

٣٥٢	١-٢-٢-١-٦-٢- القسم العملى المحدود فى علم العدد
٣٥٣	٢-٢-٢-١-٦-٢- القسم العملى المحدود فى الهندسة
٣٥٣	٣-٢-١-٦-٢- القسم العملى الغير المحدود
٣٥٣	١-٣-٢-١-٦-٢- القسم المحدود غير السىال : ليس له إلا جواب واحد
٣٥٣	٢-٣-٢-١-٦-٢- القسم المحدود السىال : ما له عدة أجوبة
٣٥٣	١-٢-٣-٢-١-٦-٢- القسم المحدود السىال من علم العدد
٣٥٣	٢-٢-٣-٢-١-٦-٢- القسم المحدود السىال من الهندسة
٣٥٤	٢-٦-٢- عودة إلى القسم النظرى
٣٥٥	٣-٦-٢- عودة إلى القسم العملي
٣٥٥	١-٣-٦-٢- الحيل
٣٥٥	١-١-٣-٦-٢- احتياج الخواص إلى شرط
٣٥٥	٢-١-٣-٦-٢- امتناع الحاجة إلى شرط
٣٥٥	تحديد النتائج : الفرق بين النظرية وبين التطبيق
٣٥٧	الخط المعلوم الوضع :
٣٥٩	ثالثا : التحليل التوافيقى وتصور الوجود لدى نصير الدين الطوسى
٣٥٩	(فى طوس ١٢٠١- فى بغداد ١٢٧٣ {٥٩٧ هـ-٦٧٢ هـ})
٣٧٥	رابعا : التحليل التوافيقى فى فلسفة إبراهيم الحلبي
٣٨٢	خامسا : العناصر الأولى للفلسفة الرياضية الجديدة
٣٨٢	فى إطار تجديد الجبر عند السموأل بن يحيى بن عباس المغربي
٣٨٢	(متوفى حوالى سنة ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م)
٣٨٥	١- القضايا الواجبة
٣٨٥	أ- صف جزئى أول :
٣٨٩	٢- القضايا الممكنة
٣٩٠	المسائل الممتنعة
٣٩٠	القضايا الواجبة :
٣٩٠	(١)- الفئة الفرعية الأولى
٣٩١	القضايا الممكنة :
٣٩١	القضايا المستحيلة :
٣٩٢	سادسا - فكرة "فن الاختراع" عند أحمد بن محمد بن عبد الجليل السجزي
٣٩٩	سابعا : تحليل المسائل الهندسية لدى ابن سهل
٤٠١	المسألة الأولى
٤٠٦	المسألة الثانية
٤٠٧	الحالة الأولى : AD = HI
٤٠٧	الحالة الثانية: AD > HI
٤٠٨	الحالة الثالثة: AD < HI
٤٠٩	المسألة الثالثة
٤١١	الحالة الثانية :
٤٢٠	الهوامش
٤٢٥	الفصل الثانى
٤٢٥	رياضيات الفلاسفة
٤٢٧	أولا : الميتافيزقا وهينة العالم عند الكندي، أبو يوسف يعقوب
٤٢٧	بن إسحاق بن الصباح بن عمران بن إسماعيل ابن محمد بن الأشعث بن قيس بن معدى كرب (نحو بداية القرن التاسع الميلادي-نحو نهاية الثلث الثاني
٤٢٧	من القرن التاسع الميلادي)

٤٢٨ إكمال علم الأوائل

٤٣٢ الحس الكلي

٤٣٤ ثانيا - الرياضيات والوجود عند ابن سينا (٣٧٠هـ - ٤٢٨هـ)

٤٤٩ هوامش

٤٥٣ الباب الرابع

٤٥٣ ترييض العلوم الاجتماعية

٤٥٥ خطورة التبسيط في العلوم الاجتماعية

٤٥٨ ٤-١- أنواع الاحتمال

٤٦١ ٤-٢- التعليل والاحتمال

٤٦٢ ٤-٢-١- التعليل القديم

٤٦٣ ٤-٢-٢- التعليل الحديث

٤٦٤ ٤-٢-٣- التعليل الجبري

٤٦٦ ٤-٣- ترييض الفيزياء

٤٦٨ ٤-٤- الشك في التعليل

٤٧٢ ٤-٥- الاحتمال في القرن السابع عشر

٤٧٢ ٤-٥-١- عصر النهضة

٤٧٣ ٤-٥-٢- هندسة المصادفة

٤٧٥ ٤-٦- الاحتمال في القرن الثامن عشر

٤٨٥ ٤-٧- الاحتمال في القرن العشرين

٤٩١ المصادر :

٤٩١ المصادر ٥ : يوجد على الأقل زوج نتائج $f, f', f'' < f$

٤٩١ المصادر ٦ : اذا كان $h < g$ ولكل $f \in F$

٤٩١ التعريفات :

٤٩٢ المبرهنات :

٤٩٤ ٤-٨- العلم داخل ما قبل العلم

٥٠٥ الهوامش

٥٠٩ الباب الخامس

٥٠٩ التاريخ التطبيقي للعلوم

٥١١ الإطار المعرفي المتكامل

٥١٣ ٥-١- علم بلا ضفاف

٥٢١ ٥-١- البحث العلمي وتنظيمه

٥٢٤ ٥-٢- التعاون العلمي الدولي

٥٢٦ ٥-٣- تاريخ العلوم في مصر

٥٢٦ ٥-٤- تاريخ العلوم والسياسة

٥٣٣ ٥-٥- تاريخ العلوم والأمم العربية

٥٣٥ ٥-٦- تاريخ العلوم والشباب

٥٣٦ ٥-٧- تاريخ العلوم والأخلاق

٥٣٦ ٥-٨- تاريخ العلم والحياة

٥٣٨ الهوامش

الخاتمة ٥٣٩

٥٣٩	الدلالة التاريخية والمعنى العلمى
٥٣٩	لعمل رشدى راشد
٥٣٩	تاريخ العلوم ليس سلسلة من المعجزات
٥٥١	الكتابة الرمزية

مراجع الكتاب ٥٦١

بيبلوغرافيا ٥٦٣

٥٦٣	نتاج رشدى راشد فى الرياضيات فى الحضارة العربية بخاصة، وفى تاريخ العلوم بعامة
٥٦٤	أ- المؤلفات
٥٦٦	الترجمة
٥٦٧	ب- الدراسات والمقالات

بيبلوغرافيا ٥٧٥

٥٧٥	العلوم وتاريخ العلوم بعامة، والرياضيات فى الحضارة العربية بخاصة
٥٧٦	المراجع العربية الحديثة فى تاريخ العلوم العربية
٥٧٩	المراجع المترجمة الحديثة فى تاريخ العلوم العربية
٥٨٠	المصادر العربية القديمة فى تاريخ العلوم
٥٨٥	مداخل فى العربية واللغات الأجنبية فى فلسفة العلوم
٥٨٦	مداخل مؤلفة ومترجمة لفلسفة التاريخ
٥٨٧	تاريخ العلوم بعامة
٥٨٨	جداول الفهارس الرياضية الدولية
٥٨٩	تاريخ الفكر الرياضى
٥٩٠	المصادر الحديثة فى تاريخ الرياضيات
٥٩٣	المصادر الجماعية الحديثة فى تاريخ الرياضيات
٥٩٤	فروع الرياضيات
٥٩٤	- نظرية الأعداد
٥٩٤	- الأصول الحديثة فى نظرية الاحتمال
٥٩٤	- الرابطة بين نظرية الاحتمال وتاريخ الرياضيات
٥٩٥	- التحليل التوافيقى
٥٩٥	- فلسفة الرياضيات
٥٩٨	القواميس والموسوعات والدوريات العلمية الدولية
٥٩٨	فى تاريخ العلوم بعامة
٥٩٩	القواميس والموسوعات فى تاريخ الرياضيات بعامة :
٦٠٠	معاجم فى اللغة العربية

فهرس المصطلحات ٦٠١

٦٠١	المصطلحات الجبرية والحسابية
-----	-----------------------------

٦٠٢	أعداد طبيعية ط - \mathbb{N} :
٦٠٢	أعداد صحيحة ص- \mathbb{Z} :
٦٠٢	أعداد نسبية أو منطقة ن- \mathbb{Q} : 0.1 0 1 0.2 0.5 0.333-.....
٦٠٣	أعداد صماء :
٦٠٣	أعداد حقيقية ح- \mathbb{R} :
٦٠٣	أعداد مركبة \mathbb{C} :
٦٠٣	أس (أساس)، دليل القوة :
٦٠٣	أساس (أسس) :
٦٠٤	إبدالية :
٦٠٤	بنية جبرية :
٦٠٤	توفيق مرتب، نسق، ترتيب :
٦٠٤	توافيق (تأليف) :
٦٠٤	تباديل (تراكيب) :
٦٠٥	تجميعية :
٦٠٥	تحليل إلى عوامل :
٦٠٥	تقريب :
٦٠٥	تناسب :
٦٠٥	توافق الأعداد :
٦٠٦	ثابت أو متغير :
٦٠٦	ثنائية الحد :
٦٠٦	ثلاثية الحد :
٦٠٦	جذر :
٦٠٧	حل :
٦٠٧	حد، طرف :
٦٠٧	حقل :
٦٠٧	دالة، تابع، اقتران، تطبيق :
٦٠٨	صف، صفوف :
٦٠٨	عدد أولى :
٦٠٨	عُشرى :
٦٠٨	قضية، نظرية، دعوى :
٦٠٨	قياس، مقياس، معيار :
٦٠٩	متعددة حدود، ذات الحدود وهي اقتران معين بالقاعدة :
٦٠٩	مبرهنة، نظرية :
٦٠٩	متغير عشوائى :
٦٠٩	مجموعة جزئية :
٦٠٩	مساواة، تساوى :
٦٠٩	مضلع، كثير الأضلاع :
٦١٠	معادلة :
٦١٠	معامل، معاملات :
٦١٠	مقام الكسر، المخرج :
٦١٠	مقدمة، مأخوذة (مأخوذات)، نظرية (نظريات) تمهيدية :
٦١٠	مصادرة، مسلمة :
٦١٠	لازمة، نتيجة :

٦١١	الموضوعات الجبرية والحسابية
٦١٢	(أ).....
٦١٢	آبل، نيلس-هنريك (١٨٠٢-١٨٢٩) :
٦١٢	ابن البناء، أبو العباس أحمد بن محمد بن عثمان الازدى (١٢٥٦ – ١٣٢١) :.....
٦١٢	ابن ترك، عبد الحميد (٨٥٠ م) :.....
٦١٢	ابن جني، أبو الفتح عثمان (٣٣٠-٣٩٢ هـ) (٩٤٢-١٠٠٢ م) :.....
٦١٢	ابن خلدون، عبد الرحمن (ولى الدين) بن محمد بن محمد بن أبى بكر محمد بن الحسن بن محمد بن جابر بن محمد بن إبراهيم بن عبد الرحمن (١٣٣٢م- ١٤٠٦م) :.....
٦١٢	ابن سينا، أبوعلی الحسين ابن عبد الله (٣٧٥هـ / ٩٨٠ م - ٤٢٨ هـ / ١٠٣٧م):
٦١٣	ابن عبد الحامد، هارون :.....
٦١٣	ابن الليث، أبو الجود :.....
٦١٣	ابن معروف، تقى الدين : (ت عامی ٥٨٥١ - ٦٨٥١).....
٦١٣	ابن الهيثم، أبوعلی الحسن (البصرة، النصف الثانى من القرن العاشر-مصر، بعد ٤٣٢هـ/ سبتمبر ١٠٤٠م) :
٦١٣	.....
٦١٣	أبو بكر الرازى (٨٦٤-٩٢٣م):.....
٦١٣	أبو كامل، بن أسلم بن محمد بن شجاع (٢٣٦-٣١٨هـ / ٨٥٠-٩٣٠م):.....
٦١٣	ايبان، ب :.....
٦١٤	أرشميدس (٢٨٧ قبل الميلادي-٢١٢ قبل الميلاد) :
٦١٤	اسحق بن حنين بن اسحق (٨٠٨ – ٨٧٣) :.....
٦١٤	أفلوطين (٢٠٣-٢٦٢م):.....
٦١٤	المأمون : عبد الله بن هارون الرشيد (١٧٠-٢١٨هـ/ ٧٨٦-٨٣٣م):.....
٦١٤	الاحتمال :
٦١٥	الاحتمال الشرطى :
٦١٦	الاستدلال التراجعى :
٦١٦	الاستدلال الرياضى :.....
٦١٦	الاستقراء التاريخى :
٦١٦	الاستقراء التام :
٦١٧	الإسكندرية :
٦١٧	الاشتقاق :
٦١٧	الاشتقاق الجزئى :
٦١٨	الإسطرلاب :
٦١٨	الأعداد التامة :
٦١٨	الأعداد المتحابة :
٦١٨	الأعداد الناقصة :
٦١٨	التوقع :
٦١٨	إقليدس (نحو ٣٣٠ قبل الميلاد- نحو ٢٧٥ قبل الميلاد):.....
٦١٩	الابستمولوجيا :
٦١٩	الاقليدسي (٩٥٢ م) :
٦١٩	الألسنية، علم اللغة :
٦١٩	الأنثروبولوجيا :
٦٢٠	أوجترید:ولیم (١٥٧٤-٤٦٦٠):.....
٦٢٠	أويلر، ليونهارد (١٧٠٧-١٧٨٣):.....
٦٢٠	ايتارد:جون مارك جاسبار :.....
٦٢٠	ايراتوستين، غربال (نحو ٢٧٥ – نحو ١٩٥ قبل الميلاد) :

٦٢١	ايتوسيوس :	
٦٢٢	(ب).....	
٦٢٢	بابوس (القرن الرابع الميلادي) :	
٦٢٢	البثاني (٨٥٨ – ٩٢٩ م):	
٦٢٢	بخارى:.....	
٦٢٢	بسكال، بلير (١٦٦٢-١٦٢٣):.....	
٦٢٣	باشيولي، لوقا (١٤٤٥-١٥١٧):.....	
٦٢٣	باكوك، جورج (١٧٩١-١٨٥٨):.....	
٦٢٣	بيكون، فرانسيس (١٥٦١ – ١٦٢٦) :	
٦٢٣	البحث التجريبي :	
٦٢٣	برانشفيج، ليون (١٨٦٩-١٩٤٤) :.....	
٦٢٣	برنولي، جاك (١٦٥٤-١٧٠٥):.....	
٦٢٣	بروسيوس، ج :.....	
٦٢٣	برقليس (٤١٢م-٤٨٥م):.....	
٦٢٣	البغدادي:أبو منصور عبد القاهر (ت ١٠٣٧م):.....	
٦٢٤	البناءات الجبرية :	
	بنوموسى (١٢٠٨) بنوموسى الحسن (١٣٣)، بنوموسى احمد (٦١)، بنوموسى جعفر (١٦١)، من مراجعهم :	
٦٢٤	.....
٦٢٤	بوب، فرانز (١٧٩١-١٨٦٧) :.....	
٦٢٤	بورباكي ، نقولا :.....	
٦٢٥	البوزجاني (٣٢٨ – ٣٧٦ هـ - ٩٤٠ – ٩٨٦ م) :.....	
٦٢٥	بوجندورف (١٧٩٦ – ١٨٧٧) :.....	
٦٢٥	بونفيس :.....	
٦٢٦	بيانو، جيوزيبي (١٨٥٨-١٩٣٢):.....	
٦٢٦	بيرس، ش.س. (١٨٣٩ – ١٩١٤) :.....	
٦٢٦	بيرنسيد، وليم :.....	
٦٢٦	البيروني (٣٦٢ هـ - ٤٤٠ هـ - ٩٧٣ م – ١٠٥٠ م) :.....	
٦٢٧	(ت).....	
٦٢٧	تانرى، بول (١٨٤٣ – ١٩٠٤) :.....	
٦٢٧	التحليل التوافقي:.....	
٦٢٧	التحليل الديوفنطى :.....	
٦٢٨	التحليل العددى :.....	
٦٢٨	التدوين :.....	
٦٢٨	التدوين الجبرى :.....	
٦٢٨	التدوين الرمزى :.....	
٦٢٨	التدوين العشرى :.....	
٦٢٩	ترتاجليا نيقولا فونتانا (١٤٩٩-١٥٥٧):.....	
٦٢٩	تروفيك، جوهان :.....	
٦٢٩	التقريب :.....	
٦٢٩	التقليد الحسابى :.....	
٦٢٩	التتوخي، أبوعلی المحسن :.....	
٦٢٩	تيتلر، ج. :.....	
٦٣٠	(ث).....	

٦٣٠	.....	ثابت بن قرة، بن مروان بن ثابت بن كرايا بن إبراهيم بن كرايا بن مارنيوس بن سلاما مويوس (ت ٩٠١م):
٦٣٠	.....	الثورة الديكارتية :
٦٣١	.....	(ج).....
٦٣١	.....	جاليليو، جاليلي (١٥٦٤-١٦٤٢):
٦٣١	.....	الجبر العربي :
٦٣١	.....	الجبر الكلاسيكي :
٦٣٢	.....	الجزر التربيعي :
٦٣٢	.....	الجزر التكعيبي:
٦٣٢	.....	الجرشي، نيقوماخوس (٢٠٠ م) :
٦٣٢	.....	جريم، يعقوب (١٧٨٥-١٨٦٣) :
٦٣٢	.....	جميليك (نحو ٢٥٠ – نحو ٣٢٥) :
٦٣٢	.....	الجهشاري، أبو عبد الله محمد بن عبدوس :
٦٣٣	.....	(ح).....
٦٣٣	.....	الحجاج، بن يوسف بن مطر الحاسب (٨٠٠ م) :
٦٣٣	.....	حران :
٦٣٣	.....	الحساب الإقليدي :
٦٣٣	.....	الحساب التقليدي :
٦٣٣	.....	الحساب الجبري :
٦٣٤	.....	الحساب الكلاسيكي :
٦٣٤	.....	حساب المثلثات :
٦٣٤	.....	حساب المجهولات :
٦٣٤	.....	الحساب الهندي :
٦٣٤	.....	الحساب الهلنستيني :
٦٣٤	.....	الحلول الجذرية هي الحلول القانونية:
٦٣٤	.....	الحلول القانونية هي الحلول الجذرية:
٦٣٥	.....	حنين، بن اسحق العبادي (٢١٥هـ-٢٩٨هـ وقال ابن الأثير : ٢٩٩هـ / ٨٠٩م-٩١٠م):
٦٣٦	.....	(خ).....
٦٣٦	.....	الخانز، أبو جعفر :
٦٣٦	.....	الخوارزمي، أبو عبد الله محمد بن موسى (القرن التاسع الميلادي):
٦٣٧	.....	الخيام، أبو الفتح عمر بن إبراهيم الخيامي النيسابوري (١٠٤٨ – ١١٢٢) :
٦٣٨	.....	(د).....
٦٣٨	.....	الدالة اللوغارتمية Log (بدور L كبيرة):
٦٣٨	.....	دالمبير، جون لورون (١٧١٧-١٧٨٣):
٦٣٨	.....	دسلير، رنيه فرونسوا :
٦٣٨	.....	دوبيز، ليونارد، المعروف بفيوناتشي (نحو ١١٨٠-١٢٥٠):
٦٣٩	.....	دوركيم، إميل (١٨٥٨-١٩١٧) :
٦٣٩	.....	دوشال، ش. :
٦٣٩	.....	دوميزريك، بشيه (١٥٨١ – ١٦٣٨) :
٦٣٩	.....	دوموافر (١٦٦٧ – ١٧٥٤):
٦٣٩	.....	دوسونتي، جون توسان (١٩١٤-٢٠٠٢):
٦٣٩	.....	دوهيم، بيار موريس (١٨٦١-١٩١٦) :
٦٤٠	.....	دوهرنج، يوجن (١٨٣٣-١٩٣١):
٦٤٠	.....	دومستر، يوسف (١٧٥٤-١٨٢١) :

٦٤٠	ديديه (الأب):
٦٤١	ديكارت، رنيه (١٥٩٦-١٦٥٠):
٦٤١	ديودونيه، جون (١٩٠٦ – ١٩٩٢) :
٦٤١	ديوفنطس (نحو القرن الثالث الميلادي) :
٦٤٢	(ر).....
٦٤٢	رابينوفيتش، ن :
٦٤٢	رسل، برتراند آرثر وليم (١٨٧٢-١٩٧٠):
٦٤٢	الرازي، أبو بكر محمد بن زكريا (ت بين عامي ٣١١-٣٢٠م-٩٢٣-٩٣٢م):
٦٤٢	رايشنباخ، هانس (١٨٩١-١٩٥٣):
٦٤٣	روبيرفال، جيل برسون دو(١٦٠٢-١٦٧٥):
٦٤٣	روبسون، أبراهام (١٩١٨-١٩٧٤):
٦٤٣	رودولف، كريستوف (١٥٠٠-١٥٤٥):
٦٤٣	روزنبرج، فرديناند (١٨٤٥-١٨٩٩):
٦٤٣	روفيني، باولو(١٧٦٥-١٨٢٢):
٦٤٣	الرياضيات الكلاسيكية :
٦٤٣	الرياضيات الهلنستية :
٦٤٣	رينان، أرنست (١٨٢٣-١٨٩٢) :
٦٤٥	(ز).....
٦٤٥	زويتن، هيروينموس جيورج (١٨٣٩-١٩٢٠):
٦٤٦	(س).....
٦٤٦	سار، ميشيل (١٩٣٠-):
٦٤٦	سارتون، جورج (١٨٨٤-١٩٥٦) :
٦٤٦	سافاج، ليونار ج. (١٩١٧-١٩٧١) :
٦٤٦	سان-سيمون (١٧٦٠-١٨٢٥) :
٦٤٦	سترويك، جان ديرك :
٦٤٧	ستيفل، ميخائيل (١٤٨٦-١٥٦٧):
٦٤٧	ستيفن، سيمون (١٥٤٨-١٦٢٠):
٦٤٧	سعيدان، أحمد سليم، (١٩١٤-):
٦٤٧	السجزي، أحمد بن محمد بن عبد الجليل (٩٧٠ م) :
٦٤٧	السموال، بن يحيى بن عباس المعروف بالمغربى (ت نحو عام ٠٧٥ هـ / ٥٧١١ م).....
٦٤٧	سنان بن الفتح :
٦٤٨	سوتر، هنريش :
٦٤٨	سيديللو، لويس بيار:
٦٤٨	السيوطي، جلال الدين (٨٤٩-٩١١):
٦٤٩	(ش).....
٦٤٩	الشهرزورى :
٦٤٩	شوبل، يوهان (١٤٩٤-١٥٤٨):
٦٤٩	شوكيه، نقولا (١٤٤٥-١٥٠٠):
٦٥٠	(ص).....
٦٥٠	الصيدانى :
٦٥١	(ط).....
٦٥١	الطبري، أبو جعفر محمد بن جرير (ت ٣١٠ هـ / ٩٢٢م):
٦٥١	الطرق العددية :
٦٥١	الطوسي، شرف الدين (١١٧٥ م):

٦٥٢	..... الطوسي، نصير الدين،(فى طوس ١٢٠١- فى بغداد ١٢٧٣ {٥٩٧-٥٦٧٢هـ}) :
٦٥٣	.....(ع)
٦٥٣	..... علم الأصوات :
٦٥٣	..... علم البناءات الجبرية :
٦٥٣	..... علم الجبر :
٦٥٣	..... علم الصرف :
٦٥٤	..... علم العدد :
٦٥٤	..... العلم العربى :
٦٥٤	..... علم العَروض :
٦٥٤	..... علم المناظر :
٦٥٥	.....(ف)
٦٥٥	..... الفارابي، أبو نصر (نحو ٢٦٠هـ / ٣٣٩هـ):،
٦٥٥	..... الفارسي، كمال الدين أبو الحسن :
٦٥٥	..... فاكّا، ج. :
٦٥٥	..... فرفوربوس، الصورى :
٦٥٥	..... فرما، بيار دو (١٦٠١-١٦٦٥):.
٦٥٦	..... فريدونتال، هانز:
٦٥٧	..... فرينكل (١٦٠٥-١٦٧٥):.
٦٥٧	..... الفلسفة التقليدية :
٦٥٧	..... فلسفة الرياضيات :
٦٥٧	..... الفلسفة العربية :
٦٥٧	..... فوجل، كورت :
٦٥٧	..... فوربيه، ج. :
٦٥٧	..... فولهابر، يوهان (١٥٨٠-١٦٣٥):.
٦٥٨	..... فون اشليجل، فريدريش (١٧٧٢-١٨٢٩) :
٦٥٨	..... فيات، فرونسوا (١٥٤٠-١٦٠٣):.
٦٥٨	..... فيبر، ماكس (١٨٦٤-١٩٢٠) :
٦٥٩	..... فيدا، جيورجيو ديلا :
٦٥٩	..... فيدمان، ايلهارت (١٨٥٣-١٩٣٨) :
٦٥٩	..... فيكه (١٨٢٦ – ١٨٦٤) :
٦٦٠	.....(ق)
٦٦٠	..... قاعدة الأصفار :
٦٦٠	..... القبيصي، عبد العزيز (أبو صقر) :
٦٦٠	..... قدامه بن جعفر، أبو الفرج بن زياد البغدادي :
٦٦٠	..... قسطا بن لوقا، أبو الصقر إسماعيل بن بلبل قسطا بن لوقا وقيل أبو عبيد الله بن يحيى المعروف بقسطا بن لوقا، (٩١٢):.
٦٦٢	.....(ك)
٦٦٢	..... كاجوري، فلورين :
٦٦٢	..... كارميشيل، روبرت دانييل :
٦٦٢	..... الكاشي، غياث الدين جمشيت (ت١٤٣٦-١٤٣٧) :
٦٦٢	..... كانتور، موريتز (١٨٢٩-١٩٢٠) :
٦٦٢	..... كاهين، س :
٦٦٢	..... كتب
٦٦٢	..... الأصول :

٦٦٢	الباهر في الجبر :	•
٦٦٢	بحث الاقليدسى للاقليدسى	•
٦٦٢	البحث في محيط الدائرة للكاشي	•
٦٦٢	البديع في الحساب	•
٦٦٣	التكملة في الحساب	•
٦٦٣	التناغم الشامل لمرسن	•
٦٦٣	الدور والوصايا للكرجي	•
٦٦٣	الشفاء لابن سينا	•
٦٦٣	العقود والأبنية للكرجي	•
٦٦٣	العين للفراهيدي،	•
٦٦٣	الخليل بن أحمد بن عمرو بن تميم	•
٦٦٣	الفخرى للكرجي	•
٦٦٣	الفصول للاقليدسى	•
٦٦٣	في استخراج الكعاب وأضلع ما وراءه من مراتب الحساب لليبروني	•
٦٦٣	في الحساب الهندى للكرجي	•
٦٦٣	في الكرة والأسطوانة لأرشميدس	•
٦٦٣	القوامى في الحساب الهندى للسموال	•
٦٦٣	كتاب الجبر والمقابلة للخوارزمي	•
٦٦٣	المثلث الحسابى ليليز بسكال	•
٦٦٣	المدخل في علم النجوم للكرجي	•
٦٦٣	المسائل العددية لديوفنطس	•
٦٦٤	المعروف والمشروع لأبى كامل	•
٦٦٤	مفاتيح العلوم للخوارزمى الكاتب	•
٦٦٤	مفتاح الحساب للكاشي،	•
٦٦٤	نوادير الأشكال للكرجي	•
٦٦٤	الوزراء والكتاب للجيشياري	•
٦٦٤	الكرجى، الكرخي، أبو بكر بن محمد الحسين أو الحسن (١٠٠٠ م) :	
٦٦٤	كردان، جيروم (١٥٠١-١٥٧٦) :	
٦٦٤	الكسور العشرية :	
٦٦٥	كفاياس، جون (١٩٠٣-١٩٤٤):	
٦٦٥	الكندي (نحو بداية القرن التاسع الميلادى – نحو نهاية الثلث الثانى من القرن التاسع الميلادى):	
٦٦٦	كورييه، ألكسندر (١٨٩٢ – ١٩٦٤) :	
٦٦٦	كورنو، أنطوان أغستان (١٨٠١-١٨٧٧):	
٦٦٦	كونت، أوجست (١٧٩٨-١٨٥٧) :	
٦٦٦	كوهن، أ (١٨١٣-١٨٨١):	
٦٦٦	كوهن، توماس:	
٦٦٧	كينه، ادجار (١٨٠٣-١٨٧٥) :	
٦٦٨	(ل).....	
٦٦٨	لاجرونج، جوزيف لوسى (١٧٣٦-١٨١٣) :	
٦٦٨	لاسن، كريستيان (١٨٠٠-١٨٧٦) :	
٦٦٨	اللبان، محمد بن محمد (حوالى ١٠٠٠) :	
٦٦٨	اللغة السنسكريتية :	
٦٦٨	لوكي، بول :	
٦٦٨	ليفى بن جرسون :	

٦٦٩	.....(م)
٦٦٩	ماسينيون، لويس (١٨٨٣ - ١٩٦٢) :
٦٦٩	المبدأ الدلالي :
٦٦٩	مبرهنة بيزوت :
٦٦٩	المبرهنة الصينية الشهيرة :
٦٧٠	مبرهنة فرما :
٦٧٠	أ - مبرهنة فرما الصغيرة
٦٧٠	ب- مبرهنة فرما الكبيرة
٦٧٠	المدرسة الجبرية الإنجليزية :
٦٧٠	المسعودي، على بن الحسين :
٦٧٠	المصري، أبو الحسن على بن يونس :
٦٧٠	المعادلات التربيعية:
٦٧١	المعادلات التكعيبية :
٦٧١	المعادلات الجبرية:
٦٧١	المعادلات العددية :
٦٧١	مونتكلا، جون إيتيان (١٧٣٥-١٧٩٩) :
٦٧١	المنهج التفهيري :
٦٧١	موراي، ج. :
٦٧١	مورجان، وليم ولسون :
٦٧١	موروليكو:
٦٧٢	موسى بن ميمون اليهودي الأندلسي (٥٢٩ هـ - ٦٠٥ هـ) :
٦٧٢	موللر، ماكس (١٨٣٣-١٩٠٠) :
٦٧٢	مونمور، بيار ريمون دو (١٦٧٨ - ١٧١٩) :
٦٧٣	.....(ن)
٦٧٣	نابيه :
٦٧٣	نسلمان، جورج فرديناند (١٨١١-١٨٨١) :
٦٧٣	النسوي، على بن أحمد :
٦٧٣	نظرية الأعداد :
٦٧٣	نظرية فيثاغوراس :
٦٧٣	نظرية النسبة :
٦٧٣	نظرية الوظيفية المثلى للغة :
٦٧٣	نيقوماخوس (حوالي ١٠٠م):
٦٧٣	نيوتن، اسحق (١٦٤٢-١٧٢٧) :
٦٧٥	.....(هـ)
٦٧٥	هارة، كوكيتي :
٦٧٥	هاريوت، ث :
٦٧٥	همبولت، الكسندر فون (١٧٦٩-١٨٥٩) :
٦٧٥	هنجر، هربرت :
٦٧٥	الهندسة الجبرية :
٦٧٦	الهندسة المتريية :
٦٧٦	هنكل، هرمان :
٦٧٦	هورنر، وليم (١٧٨٧-١٨٣٧) :
٦٧٦	هوكهايم :
٦٧٦	هيث، ث :

٦٧٧	..... (و)
٦٧٧	..... وارينج، أ. (١٧٣٤ – ١٧٩٨) :
٦٧٧	..... واليس، جنيفر (١٦١٦ – ١٧٠٣) :
٦٧٧	..... وايتهد، ألفرد نورث (١٨٦١-١٩٤٧) :
٦٧٧	..... وايلتتر :
٦٧٧	..... ويلسون، جوان :
٦٧٧	..... ويك، فرانز :
٦٧٧	..... ويتاكر، ادموند تايلور :
٦٧٩	..... وايتسايد، ديريل توماس :
٦٧٩	..... (ي)
٦٧٩	..... اليزدي، شرف الدين :
٦٧٩	..... اليزدي، محمد بكر (ت عام ١٦٣٧ تقريباً) :
٦٧٩	..... يونج، ج. ر. :
٦٨١	..... مصطلحات الهندسة والمناظر والفلك
٦٨٢	..... (A)
٦٨٢	..... Abération, Aberration زيغ
٦٨٢	..... Abscisse, Abscissa (coordonnée X) إحداثي سيني
٦٨٢	..... Algorithme, Algorithm خوارزمية
٦٨٢	..... Angle زاوية
٦٨٣	..... Anti-parallèle, Anti-parallel مختلفا التوازي
٦٨٣	..... Asymptote, Asymptote محور اقتراب، خط اقتراب
٦٨٣	..... Axe, x-Axis محور
٦٨٤	..... Axes de coordonnées, Axis of coordinates محاور الإحداثيات
٦٨٥	..... (B)
٦٨٥	..... Bissectrice, Bisector منصف زاوية
٦٨٦	..... (C)
٦٨٦	..... Circle دائرة
٦٨٦	..... Cone, Cône مخروط
٦٨٧	..... Construction, Construction إنشاء، عمل
٦٨٨	..... (D)
٦٨٨	..... absurde, Proof by contradiction, Reductio-ad-absurdum Démonstration par l
٦٨٨	..... Dérivée, Derivative مشتقة
٦٨٨	..... Deviation الانحراف
٦٨٨	..... Directrice, Directrix الدليل
٦٨٩	..... Division harmonique dune ligne, harmonic Division of a line قسمة توافقية لقطعة مستقيمة
٦٩٠	..... (E)
٦٩٠	..... Ellipsoide, Ellipsoid مجسم القطع الناقص أو الاهليلجي

٦٩١	.....	(F)
٦٩١	.....Fonction monotone, Monotone Function	دالة رتيبة
٦٩٢	.....	(H)
٦٩٢	.....Hyperboloïde, Hyperboloid	مُجَسِّم زائدي
٦٩٣	.....	(I)
٦٩٣	.....Inégalité, Inequality	متباينة (متراجحة)
٦٩٤	.....	(L)
٦٩٤	.....Lettering of geometric figures	ترميز الأشكال الهندسية
٦٩٤	.....Lettering of Triangles	ترميز المثلثات
٦٩٥	.....	(S)
٦٩٥	.....Séculaire, Secular	قرني
٦٩٥	.....Sections coniques, Conic Sections	قطوع مخروطية
٦٩٥	.....Symétrie, Symmetry (corresponding)	تناظر، تماثل
٦٩٧	.....	(T)
٦٩٧	.....Terme, Term	حد
٦٩٧	.....Triangle rectangle, Pythagorean Triangle	مثلث فيثاغوري
٦٩٧	.....Triangle droit, Right triangle	مثلث قائم الزاوية
٦٩٩	.....	موضوعات الهندسة والمناظر والفلك
٧٠٠	.....	(أ)
٧٠٠	.....	ابن سنان، إبراهيم ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م - بغداد ٣٣٥هـ / ٩٤٦م):
٧٠٠	.....	ابن سهل، أبو سعد العلاء :
٧٠٠	.....	ابن الهيثم، أبو علي محمد بن الحسن (البصرة، النصف الثاني من القرن العاشر-مصر، بعد ٤٣٢هـ/سبتمبر ١٠٤٠م):
٧٠١	.....	ابن يمين المتطبيب، نظيف :
٧٠١	.....	أبولونيوس (حوالي ٢٢٥ ق.م.):
٧٠١	.....	إراتوستينس (ت حوالي ١٩٤ ق.م.):
٧٠١	.....	أريستارخوس (ت حوالي ٢٣٠ ق.م.):
٧٠٢	.....	(ب)
٧٠٢	.....	بطلميوس، كلوديوس (حوالي ١٤٠-١٦٠م) :
٧٠٢	.....	البلور أو البلور :
٧٠٣	.....	(د)
٧٠٣	.....	ديكارت، رنيه (١٥٩٦-١٦٥٠):
٧٠٣	.....	ديوقليس (حوالي ١٨٠ ق.م.):
٧٠٤	.....	(س)
٧٠٤	.....	سنيلليوس :
٧٠٥	.....	(ط)
٧٠٥	.....	الطوسي، شرف الدين هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي (١١٧٥م):
٧٠٦	.....	(ع)
٧٠٦	.....	العدسة المحدبة الوجهين :
٧٠٧	.....	(غ)
٧٠٧	.....	الغندجاني، أحمد بن أحمد بن جعفر :
٧٠٨	.....	(ق)
٧٠٨	.....	القسمة التوافقية :

٧١٨	القطع الزائد :
٧٠٩	القطع المكافئ :
٧٠٩	القطع الناقص أو الإهليلج، ELLIPSE :
٧١١	(ك)
٧١٢	(ك)
٧١٢	كيلر، يوهانس (١٥٧١-١٦٣٠):
٧١٢	كلاجيت، مارشال :
٧١٣	(م)
٧١٣	الماهانى ، محمد عيسى بن أحمد أبو عبد الله :
٧١٣	مبدأ الرجوع المعاكس للضوء :
٧١٣	ميرهنة منلاؤس :
٧١٣	المدرسة الأبولونية :
٧١٣	المدرسة الأرشميدسية :
٧١٤	مرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) :
٧١٤	المرآة المكافئية :
٧١٤	المرايا المحرقة :
٧١٤	المماس (خط التماس) :
٧١٥	المنحنى :
٧١٥	منلاؤس (حوالى ١٠٠م):
٧١٦	(ن)
٧١٦	نظرية الأعداد :
٧١٧	(هـ)
٧١٧	الهندسة :
٧١٧	الهندسة الاسقاطية :
٧١٧	الهندسة التحليلية :
٧١٧	هندسة الحدوث :
٧١٧	الهندسة الناقصة :
٧١٧	الهندسة الكروية :
٧١٧	هيبسيكليس (حوالى ١٨٠ ق.م.):
٧١٧	هيرون السكندرى (حوالى ٥٠ م.):
٧١٨	(و)
٧١٨	وتر الدائرة :
٧١٨	وتر التماس (بالنسبة إلى نقطة تقع خارج الدائرة) :
٧١٨	وتر المنحنى :
٧١٨	وتر الكرة :